



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

POSOUZENÍ ERGONOMIE VÝROBNÍHO STROJE

ASSESSMENT OF PRODUCTION MACHINE ERGONOMICS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Václav Klapetek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jana Rozehnalová, M.Sc.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Václav Klapetek**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce: **Ing. Jana Rozehnalová, M.Sc.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Posouzení ergonomie výrobního stroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Součástí podnikových strategií je postupný rozvoj a inovace výrobních systémů, robotizace a automatizace. Při každé změně či návrhu nového řešení výroby je však nutné brát zřetel na ergonomii výrobního pracoviště a bezpečnost takového provozu ve vztahu člověka a výrobního stroje. Práce je zaměřena na výrobní podnik a řešení konkrétního pracovního místa v rámci firemní produkce.

Cíle diplomové práce:

Rešerše současného stavu vědy a správné technické praxe u řešené problematiky.
Systémový rozbor řešené problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.
Posouzení ergonomie vybraného strojního zařízení, návrh checklistů a analýza rizik.
Návrh možností technicko–ekonomického posouzení ergonomického stavu stroje.
Vlastní závěr a/nebo doporučení pro další rozvoj řešené problematiky.

Seznam doporučené literatury:

ČSN online [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>.

Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik. Česká ergonomická společnost [online]. Praha. Česká ergonomická společnost, z. s., 2007, [cit. 2020-19-06]. Dostupné z: <https://www.ergonomicka.cz/e-materialy/>.

MAREK, Jakub; SKŘEHOT, Petr. Základy aplikované ergonomie. Praha : VÚBP, v.v.i., 2009, 118 s., ISBN 978-80-86973-58-6.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V rámci diplomové práce je řešena problematika ergonomie práce. Cílem diplomové práce je analýza současného ergonomického stavu výrobní linky s následným odhalením ergonomických rizik, využitím různých posuzovacích metod a srovnání s legislativními požadavky. Po definování nedostatků jsou navrženy nápravné akce, vedoucí k jejich odstranění a snížení náročnosti práce. Ergonomická analýza byla provedena v rámci společnosti Tyco Electronics Czech s.r.o.

Analytická část navazuje na, do hloubky rozebranou, teoretickou část práce, kde jsou uvedeny mimo samotné představení ergonomie jako vědní disciplíny všechny její aspekty.

Klíčová slova

Ergonomie, pracoviště, riziko, checklisty, ergonomický audit, RULA

ABSTRACT

The Master's thesis addresses the issue of ergonomics. The aim of the diploma thesis is to analyze the current ergonomic state of the production line with the subsequent detection of ergonomic risks, the use of various assessment methods and comparison with legislative requirements. After defining the deficiencies, corrective actions are proposed, leading to their elimination and reduction of work intensity. The ergonomic analysis was performed within Tyco Electronics Czech s.r.o.

The analytical part follows up on, in depth, the theoretical part of the work, where all its aspects are listed in addition to the introduction of ergonomics as a scientific discipline.

Key words

Ergonomics, workplace, risk, checklist, ergonomics audit, RULA

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLAPETEK, Václav. Posouzení ergonomie výrobního stroje [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135440>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Jana Rozehnalová.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Posouzení ergonomie výrobního stroje, vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 21. 5. 2021

.....

podpis

Bc. Václav Klapetek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucí DP Ing. Janě Rozehnalové, M.Sc. za odbornou pomoc podporující zdárné vypracování práce. Dále děkuji společnosti Tyco Electronics Czech za možnost vypracování diplomové práce v rámci jejich výrobní linky, zvláště pak Mgr. Elišce Bačíkové za přínosné rady a Ing. Pavlu Hrdinovi za korekturu práce z hlediska nakládání s citlivými informacemi.

V neposlední řadě moc děkuji svým nejbližším za materiální a emocionální podporu během celého studia.

OBSAH

1. ÚVOD.....	11
2. ERGONOMIE.....	12
2.1. Cíle ergonomie	12
2.2. Vývoj.....	12
2.3. Přístup k ergonomii v průmyslu 4.0	14
2.4. Přehled legislativy a norem v rámci ergonomie.....	15
3. SYSTÉM ČLOVĚK – TECHNIKA – PROSTŘEDÍ.....	16
3.1. Ergonomičnost systému	19
3.2. Člověk	19
3.2.1. Fyzické parametry člověka	20
3.3. Technika.....	21
3.3.1. Rozměr	21
3.3.2. Pohlaví a věk člověka.....	21
3.3.3. Pracovní poloha.....	21
3.3.4. Pohybový prostor	22
3.3.5. Zorné podmínky	25
3.3.6. Speciální podmínky.....	25
3.4. Komunikace člověka s technikou.....	26
3.4.1. Ovladače.....	26
3.4.2. Sdělovače	28
3.4.3. Vazby mezi ovladači a sdělovači	33
3.5. Prostředí	33
3.5.1. Osvětlení	34
3.5.2. Hluk.....	35
3.5.3. Klimatické podmínky	36
4. ZÁTĚŽ.....	38
4.1. Fyzická zátěž.....	38
4.2. Psychická zátěž	40
4.2.1. Únava	41
4.2.2. Pracovní režim	42
5. KLASIFIKACE ERGONOMICKÝCH RIZIK.....	43
6. METODY HODNOCENÍ ERGONOMICKÝCH RIZIK.....	43

6.1. Kontrolní listy	43
6.2. Metody hodnotící celkovou fyzickou zátěž	44
6.3. Metody pro hodnocení pracovní polohy	44
6.4. Metody posuzující rizikové faktory u strojních zařízení.....	44
6.5. Moderní metody hodnocení ergonomických rizik	45
6.5.1. RULA.....	45
6.5.2. REBA	46
6.5.3. OWAS.....	48
6.6. Softwarové metody	48
7. TYCO ELECTRONICS KUŘIM.....	50
7.1. HEMS.....	51
7.1.1. Struktura střediska.....	51
7.2. POSUZOVANÁ VÝROBNÍ LINKA	53
7.2.1. Asemblážní linka HVP 800 plug.....	54
8. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PRACOVÍŠŤ VÝROBNÍ LINKY	58
8.1. Analýza ergonomickými checklisty	58
8.1.1. Vyhodnocení současného stavu jednotlivých pracovišť	59
8.2. Ergonomický audit.....	64
8.2.1. Vyhodnocení ergonomického auditu	64
8.3. RULA analýza.....	66
8.3.1. Vyhodnocení RULA analýzy	67
8.4. Celkové zhodnocení výrobních linek.....	68
9. NÁVRH ERGONOMICKÝCH OPATŘENÍ.....	68
9.1. Návrh opatření pro jednotlivá pracoviště	68
9.1.1. Návrh opatření pro pracoviště montáže hranatého stínění	68
9.1.2. Návrh opatření pro pracoviště montáže kulatého stínění	69
9.1.3. Návrh opatření pro pracoviště montáže stínění do tělesa.....	70
9.1.4. Návrh opatření pro pracoviště montáže těsnění a retaineru	71
9.1.5. Návrh opatření pro pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru	72
9.1.6. Návrh opatření pro EOL, potisk, balení	73
9.2. Návrh na automatizaci procesu	74
10. ZÁVĚR	76
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	77

SEZNAM OBRÁZKŮ	80
SEZNAM TABULEK.....	82

1. ÚVOD

Ergonomie je nevyhnutelnou součástí pracovního života každého z nás. Průměrný člověk stráví prací 40 let svého života, proto je nezbytné dbát na ochranu jeho zdraví. Každá práce má své pracovní postupy a standardy, vyžadující od člověka jak fyzickou, tak psychickou zdatnost, navíc změna pracovní činnosti není mnohdy možná. Člověk je pak také zásadně ovlivněn polohou, v níž práci vykonává, parametry pracoviště, pracovním prostředím. V případě, že podmínky pro práci nejsou optimalizovány, mohou tyto nedostatky vyústit v poškození zdraví zaměstnance, případně v jeho opuštění dané pracovní pozice.

Řešením negativních dopadů pracovní činnosti je vědní disciplína, zabývající se vztahem mezi člověkem, strojem a pracovním prostředím, nazvaná ergonomie. Ta objasněním vztahu mezi všemi třemi složkami systému cílí ke zvýšení ochrany zdraví při práci.

Diplomová práce na téma *Posouzení ergonomie výrobního stroje* detailně uvádí ergonomii spolu s oblastmi, jejichž optimalizací se zabývá. Prakticky pak posuzuje zvolenou výrobní linku v rámci společnosti Tyco Electronics Czech s.r.o. se sídlem v Kuřimi, využitím několika odlišných klasifikačních analýz. Výstupem těchto analýz je definování ergonomických rizik na jednotlivých pracovištích spolu s návrhem na odstranění těchto nedostatků.

2. ERGONOMIE

Ergonomií se označuje vědecký obor založený na porozumění interakce člověka s dalšími složkami systému. Použitím vhodných metod podložených teorií a získanými daty dochází ke zlepšení lidského zdraví, jak psychického, tak fyzického, a výkonnosti. ČSN EN 614-1: 2006 pak definuje ergonomii následovně: *Ergonomie (studium lidských práv) se zabývá studiem vzájemných vztahů (interakcí) mezi lidmi a dalšími prvky systému. Ergonomie aplikuje teoretické poznatky, zásady, empirická data a metody pro navrhování zaměřené na optimalizaci pohody osob a celkovou výkonnost systému.*

Neustálý vývoj vědy a techniky postupně přináší nové technologie, stroje, zařízení a metody práce. Postupně může docházet ke vzniku disproporce mezi požadavky a nároky, jež jsou novou technikou vyžadovány, a možnostmi, dovednostmi a schopnostmi člověka tyto požadavky vykonávajícího. Tento proces může vést k jeho přetížení, resp. únavě, selhání či nehodě s možnými zdravotními následky.

[1,2,3]

2.1. Cíle ergonomie

Jak je naznačeno výše, hlavním cílem ergonomie je přizpůsobení práce tomu, kdo ji vykonává. Ergonomie zajišťuje změnu mechanocentrického přístupu, tj. přístupu, podle něhož dochází k navržení techniky bez ohledu na limity člověka, na přístup antropocentrický, vycházející právě z možností a schopností člověka, a již při samotném projektování pracoviště respektuje jeho omezení. Docílí se tak např. snížení rizika muskuloskeletárního onemocnění, způsobovaného svalovým napětím, nevhodnou pracovní pozicí či opakovanými pracovními úkony. [1,4]

Dobře navržená a implementovaná ergonomie daného pracoviště hraje rovněž důležitou roli ve zvýšení výkonnosti, čehož lze docílit použitím vhodně nadesignovaných nástrojů, displayů, osvětlení a rozmístěním pracoviště obecně. Ke snížení pracovního stresu, cílí ergonomie na vytvoření bezpečného, pohodlného pracoviště, aby odpovídalo lidským schopnostem a omezením souvisejícím se vzrůstem jednotlivce, jeho schopnostmi, rychlostí, senzorickým schopnostem (zrak, sluch) a v neposlední řadě také přístupu. Upravením rozložení pracoviště a snížením napětí pracovníka lze docílit také snížení odpadu, zlepšení procesního toku a výrobních metrik.

[1,4,5]

2.2. Vývoj

Počátky ergonomických přístupů sahají až do raných etap vývoje lidstva. Tehdejší metody nelze srovnávat s těmi současnými, nicméně už tehdy docházelo k jistému uzpůsobování pracovních nástrojů potřebám jejich uživatelů. Rovněž úpravu lidského obydlí lze považovat za úpravu, do jisté míry, ergonomického charakteru. Ergonomické poznatky pochází rovněž ze starého Řecka, příkladem je možné uvést Hippokrata, který zřetelně popsal pracoviště lékaře (chirurga), včetně rozložení jednotlivých nástrojů. [2]

Individuální úprava nástroje řemeslníkem převládala i ve středověku, kde hlavním přenosem schopností a dovedností bylo prostředí, v němž se daný člověk nacházel – zkušenosti přecházely z otce na syna, resp. z mistra na tovaryše. Během 16. a 17. století nastával velký rozmach přírodních věd, způsobený rychlým rozvojem zpracovatelského průmyslu, dopravy, stavitelství a zbrojením. Některé poznatky, dále rozvíjené až do současnosti, pocházejí právě z tohoto období, kupříkladu generál Vauban došel k závěru, že v létě je člověk schopen pracovat 10 hodin, zatímco v zimě pouze 7 hodin. Otázkou maximálního pracovního výkonu se zabýval taktéž fyzik A. Coulomb, který roku 1785 určil maximum práce na 8 hodin denně. Stejně tak pojmul jako vůbec první výpočet pracovního výkonu na základě spotřebovaného kyslíku. [1,4,6]

Výroba se postupně odebírala od řemeslné k centralizované. Na přelomu 17. a 18. století vznikají manufaktury, o sto let později přechází manufakturní výroba k tovární - centralizované výrobě, což v praxi z našeho pohledu znamenalo, že nástroje a stroje jsou vyrobeny někým jiným než pracovníkem, který je nakonec využívá. Právě sériová výroba nástrojů a pracovních zařízení nutně snižovala jejich individualitu a také ergonomický vztah člověk – stroj. Otázkou únavy, rozložení pracovní doby a pracovní polohou člověka se zabýval fyziolog Coulon. Zkoumáním těchto aspektů spolu s nalezením maximální výkonnosti dělníka se zabývali i jiní, koncem 19. století se již objevují práce pojednávající o jakési optimalizaci organizace pracoviště. [1,4]

Za zakladatele vědecké analýzy práce lze považovat F. W. Taylora; jehož systém dosahuje maximálního efektu v následujících bodech:

1. Navržení nejlepšího způsobu práce, vycházející z rozboru současné situace.
2. Nalezení vhodných pracovníků pro daný způsob práce a jejich zaučení.
3. Měření výkonu po zařazení zaučených pracovníků při navrženém pracovním postupu.
4. Regulovat (dodržovat, překračovat) výkon finančními prostředky.

Tato metoda vědeckého řízení výroby, včetně kontrol, uspořádání pracoviště a systémové evidence, byla velmi efektivní a přínosná, opomíjela však všechny již tehdy známé fyziologické a psychologické poznatky o člověku. Taylorismus, jak se tato metoda označuje, byl uplatňován především v USA, v Evropě jej zpopularizovali až Taylorovi následníci, kteří proces upravili na základě vědeckých poznatků o psychofyziologii.[1]

Dalším milníkem bylo období mezi první a druhou světovou válkou. Zde již docházelo i k rozvoji psychotechniky. Na základě psychologických vlastností člověka bylo možné vybírat konkrétní profesní obor pro daného jednotlivce. V souvislosti se rozvíjelo studium bezpečnosti práce a pracovního prostředí. Rovněž nastal rozkvět výzkumů týkajících se pracovních podmínek (osvětlení, mikroklima) a dochází k poznání, že ani optimální pracovní podmínky nezaručují požadovaný výkon a příjemné pracovní prostředí. Projevuje se fakt, že práce je jistý společenský proces, který nejde omezit na jednotlivý uzavřený úsek nebo celek. [1][4]

Postupujíc historií dále, lze celkový vývoj ergonomie rozdělit do následujících tří oblastí:

1. Problematika psychologie práce – psychotechnika, bezpečnost práce, pracovní režim a podmínky, požadovaný pracovní výkon

2. Inženýrská psychologie – podstata tkví v přizpůsobení techniky člověku. Postupným vývojem techniky dochází k přirozenému zvyšování nároků na člověka až za hranici jeho schopností. Výsledkem řešení systému člověk – stroj je nutnost vycházet z nejslabšího článku systému – lidského činitele.
3. Zkoumání člověka v procesu – výzkum mezilidských vztahů na pracovišti, vztah člověka k práci a okolí. [1]

2.3. Přístup k ergonomii v průmyslu 4.0

Průmyslem 4.0 rozumíme současný trend digitalizace a automatizace výroby díky využívání nejnovějších technologií, včetně změny na trhu práce, s níž jde tento trend ruku v ruce.

Spolu s tím, jak se průmysl 4.0 dostává do popředí, vyvíjí se i zde snaha o antropocentrický přístup jeho implementace. Nelze zde hovořit o vztahu, kdy stroj je prostředkem člověka pro vykonání daného pracovního úkonu, ale přesně naopak, kdy stroj pomocí automatizace vytváří produkt a člověk jen mírnými zásahy ovlivňuje a udržuje tento proces. [7,8]

Fyzické činnosti

Implementací průmyslu 4.0 s ohledem na ergonomii dochází k automatizaci jednoduchých opakovaných manuálních úkonů. I mezi těmito pracovními úkony se však nachází takové, které toto zcela neumožňují pro jejich proměnnost v čase. Lidský faktor lze tedy omezit, lze značně snížit ergonomické riziko z dané činnosti plynoucí, nelze však člověka z procesu zcela vyřadit. V případě systému, kde spolu pracují jak lidé tak roboti, je zásadní rozdělení činností mezi tyto aktéry. Člověku ulehčíme s vysoce repetitivní činností, s činností vyžadující velké svalové zatížení (manipulace s těžkými předměty), snížením monotónnosti práce. Výhledem je vývoj a využití takových robotů, kteří budou svými schopnostmi do jisté míry rovnocennými spolupracovníky člověka.

Mimo přínosné vlivy plynoucí ze „spolupráce“ člověka s robotem je však nutno zmínit i existující bezpečnostní rizika. Je nutné vzít v potaz, že autonomní robot může představit pro člověka jisté nebezpečí, např. když pro činnost využívá nástroje, kterými může ohrozit zdraví člověka. Při implementaci robotů mezi operátory se proto využívají ověřovací metody, simulující potenciální nehodové stavy, pro zhodnocení rizika a posouzení vhodnosti daného použití. [8]

Využití smart technologies

Chytré telefony, náramky či hodinky lze použít jako nástroj pro hodnocení fyzické zátěže pracovníka a pro analýzu pracovního procesu. Těmito technologiemi lze měřit nejen souřadnice člověka (trasování v rámci výrobní haly), ale také náročnost pohybových aktivit, spotřebovanou energii, srdeční tep a další. Vyhodnocením těchto dat získáme podněty pro úpravu pracoviště za účelem snížení pracovní zátěže. Na druhou stranu, použití těchto metod nemusí být vždy daným pracovníkem vítáno z důvodu jistého omezení soukromí. [8]

Psychické činnosti

Ruku v ruce se snížením fyzické namáhavosti práce jde zvýšení namáhavosti psychické. Automatizace procesu s sebou přináší vyšší požadavky na schopnosti člověka analyticky řešit problémy a orientaci v informačních technologiích.

Ke snížení psychické náročnosti práce může přispívat využití rozšířené reality. Rozšířená realita poskytuje jakési vrstvení informací – např. při psychicky náročných činnostech nachází uplatnění pro odbourávání nepotřebných, nadbytečných informací, poskytujíc pouze informaci nutnou pro následující pracovní krok. [8]

2.4. Přehled legislativy a norem v rámci ergonomie

Platná legislativa v oblasti ergonomie je rozdělena nejprve na směrnice a nařízení platná v rámci Evropské unie a následně na legislativu spravovanou Českou republikou.

Legislativa EU:

- Směrnice 2009/104/ES – Směrnice o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci. [9]
- Směrnice 90/269/EHS – Směrnice o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro ruční manipulaci s břemeny spojenou s rizikem, zejména poškozením páteře, pro zaměstnance. [10]
- Směrnice 89/391/EHS – Směrnice o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Jedná se o základní směrnici stanovující minimální požadavky na opatření ochrany zdraví při práci.
- Směrnice 89/654/EHS – Směrnice o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví na pracovišti. [11]
- Směrnice 90/270/EHS – Směrnice o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro práci se zobrazovacími jednotkami. [12]
- Strojní směrnice EU 2006/42/ES – Směrnice Evropského parlamentu a Rady o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES. Směrnice určuje opatření vedoucí ke snižování negativních vlivů na lidské zdraví při používání strojních zařízení. [13]

Legislativa ČR:

- Zákon 262/2006 Sb. Zákoník práce v platném znění. Definuje základní podmínky pro uzavření pracovního vztahu, týkající se výkonu práce, zahrnující také požadavky na bezpečnost ochrany zdraví při práci.
Mezi povinnosti zaměstnavatele patří vytvoření takového pracovního prostředí, které zaměstnance nijak neohrožuje na zdraví a jeho bezpečnostní kontrola. V případě, že jsou na daném pracovišti nalezena riziková místa, musí zaměstnavatel usilovat o jejich odstranění, nebo zavedení opatření pro jejich snížení. Rovněž je zaměstnavatel povinen poskytnout zaměstnanci vhodné osobní ochranné pracovní prostředky a zajistit zaměstnanci školení související s ochranou zdraví při práci. [14]
- Zákon 309/2006 Sb. – Zákon začleňující předpisy EU, modifikující je v návaznosti na zákoník práce. [15]

- Zákon 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví [16]
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [17]
- Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. [18]

Platné normy:

- ČSN EN ISO 12100 – Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady při projektování pracovních strojů.
- ČSN EN ISO 26800 – Ergonomie – Obecný přístup, zásady, pojmy.
- ČSN EN 614-1 + A1, A2 – Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování.
Část 1 – Terminologie a všeobecné zásady.
Část 2 – Interakce mezi konstrukcí pracovního zařízení a pracovními úkoly.
- ČSN EN 13861 – Bezpečnost strojních zařízení – Návod pro aplikaci ergonomických norem při konstrukci strojních zařízení.
- ČSN ISO 6385 – Ergonomické zásady pro navrhování pracovních systémů.
- ČSN ISO 1503 – Prostorová orientace a směr pohybu – Ergonomické požadavky.
- ČSN EN 895-1, 2, 3, 4 – Bezpečnost strojních zařízení. Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovladačů.
- ČSN EN 1005-1, 2, 3, 4, 5 + A1 – Bezpečnost strojních zařízení – Fyzická výkonnost člověka.
- ISO 45001 – Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití

Dále pak normy týkající se jednotlivých faktorů prostředí, a to:

- ČSN ISO 1996 a 1999 – Akustika
- ČSN EN 12464-1 – Světlo a osvětlení
- ČSN EN ISO 15743 – Ergonomie tepelného prostředí
- ČSN 01 2725 – Směrnice pro barevnou úpravu pracovního prostředí [19]

3. SYSTÉM ČLOVĚK – TECHNIKA – PROSTŘEDÍ

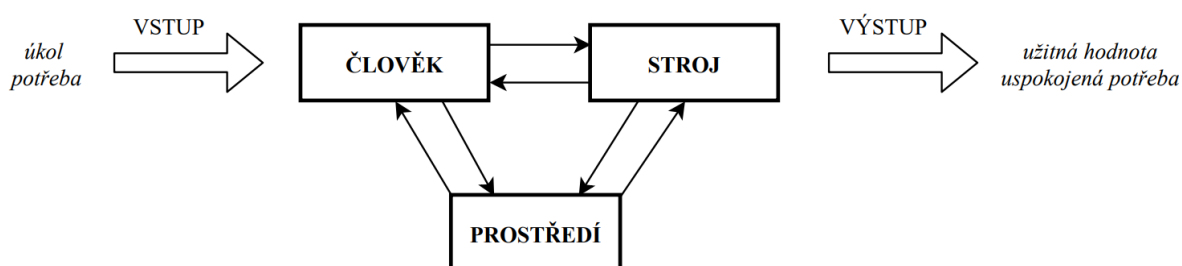
Základem ergonomie je analýza systému člověk – technika (stroj) – prostředí (obr. 1), přičemž nejpodstatnějším prvkem systému je člověk. Zbylé složky systému na člověka zpětně působí a úkolem právě ergonomie je, aby toto působení nebylo negativní. [1]

- Člověk – charakterizován fyzickými (postava, hmotnost, síla) a duševními (paměť, inteligence, postřeh) vlastnostmi. Člověk je nejpodstatnějším prvkem systému.
- Stroj – je považován dle definice K. F. H. Murella za „jakýkoliv pracovní prostředek, s jehož pomocí člověk dosáhne žádoucího cíle“. Nejedná se tedy nutně o stroj, ale i o jakýkoliv předmět či nástroj. Z pohledu ergonomie je však vhodnější stroj charakterizovat jako materiální součást lidské činnosti bez ohledu na její charakter.

- Prostředí – veškeré pracovní podmínky působící na člověka a ovlivňující jeho fyzický i duševní stav, a tak i jeho výkon. Prostředí lze rozlišit na prostředí přírodní, umělé nebo záměrně vytvořené člověkem. [20]

Dalšími přirozenými součástmi systému jsou jisté vstupy a výstupy. V případě vstupu je myšlen pracovní pokyn, úkol, postup, materiál, náklady finanční a časové; zkrátka všechny parametry vedoucí k plánovanému výstupu. Výstupem pak je daný výrobek, odpad, teplo, nebo také únava člověka. [20]

Systémový přístup řešení umožňuje jiný pohled pro analýzu nejslabších složek systému a podmínek výkonnosti člověka. Využitím systémového přístupu se přechází od řešení jednotlivých vazeb k hledání optimálního uplatnění lidské činnosti už během samotné fáze navrhování systému. Toto rozdělení je potřeba zohledňovat průběžně pro postupný a neustálý vývoj techniky. [1]

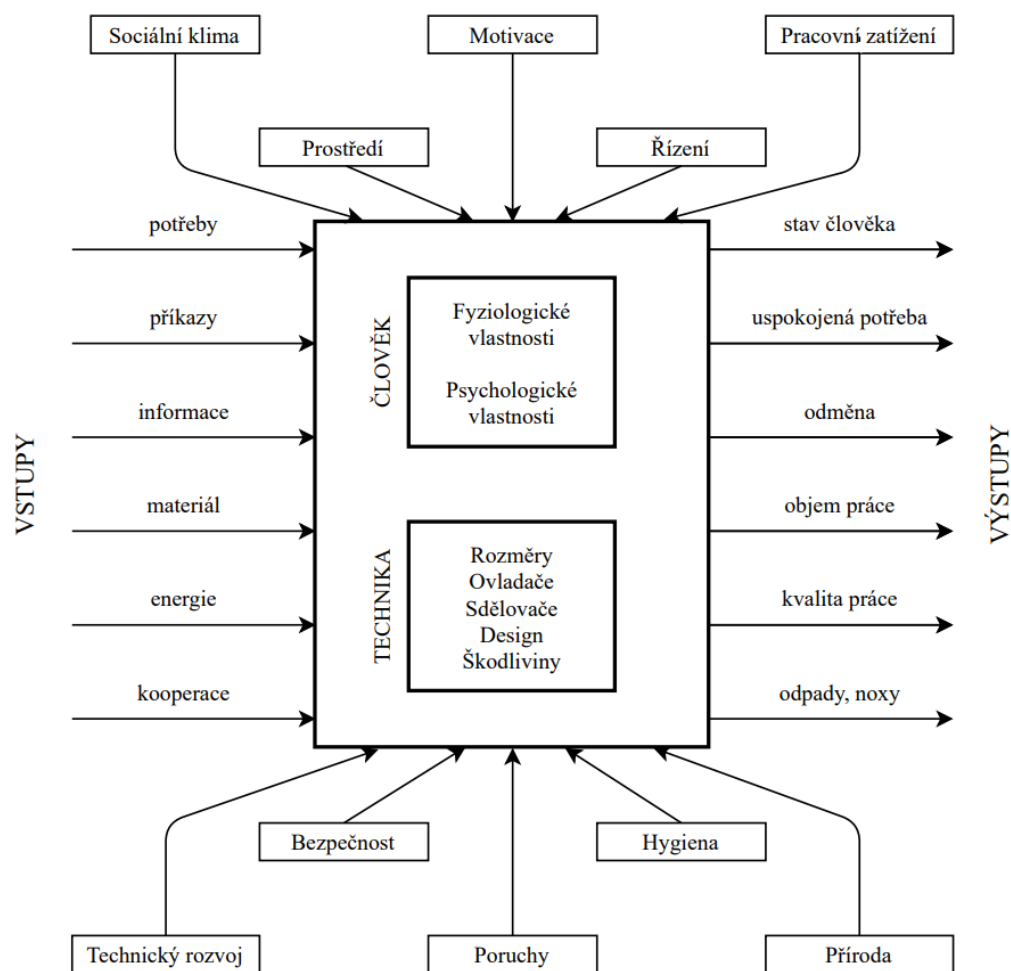


Obr. 1. Základní schéma systému člověk – stroj - prostředí [1]

Vzhledem k tomu, že se praktická část zabývá výrobním systémem v oblasti strojírenství, převládající vazbou bude vztah člověk – výrobní zařízení. S každým dalším typem systému níže uvedeným roste vliv prostředí.

- a) Člověk – nástroj. Běžné využití náradí a dalších pomůcek při jakékoliv činnosti. Hlavní vazbou je vazba pohybově-energetická, kladoucí primární požadavky na pohybové stereotypy člověka;
- b) Člověk – výrobní zařízení. Jedná se o v praxi nejběžnější situaci, člověk využívá vnější energii k pohonu výrobního zařízení. Člověk přijímá smysly vstupní informace, a na jejich základě provádí příslušné regulační činnosti ovladači nebo přímým zásahem;
- c) Člověk – více technických zařízení. Příkladem je ovládání několika strojních zařízení jedním člověkem. Je potřebná vyšší kvalifikace, především z hlediska psychických vlastností;
- d) Lidé – technika. Zde mluvíme o práci skupiny lidí na jednom technickém zařízení. Na svém významu se dostávají do popředí mezilidské vztahy, organizace práce s určením daných úkolů jednotlivcům dle jejich schopností;
- e) Člověk – automat. Specifický typ vazby člověk – technika se objevuje u zavádění automatizace, NC strojů a práce s výpočetní technikou. Člověk v tomto systému hraje roli řídicí až kontrolní. Zátěž je téměř zcela psychická a prostředí hraje důležitou roli. [1]

Při podrobnější analýze jednotlivých subsystému dostaneme schéma podobné tomu na obr. 2. [1]



Obr. 2 Schéma ergonomického systému [1]

3.1. Ergonomičnost systému

Uplatňováním ergonomických principů a zásad jsme schopni dosáhnout následujících efektů:

a) **Ekonomické** – resp. finanční efekty vyplývají ze:

- zkrácení doby pro výkon pracovní činnosti,
- zvýšení produktivity práce díky ergonomickým výrobním nástrojům, náradí, pomůcek a ergonomickému řešení výrobního zařízení, vhodným vybavením pracoviště,
- zlepšení výkonnosti zlepšením pracovního prostředí (regulace hluku, vibrací), vhodným klimatem a osvětlením,
- snížené absence při onemocnění,
- snížení fluktuace, tj. stálým rozložením pracovišť / pracoviště,
- odstranění neproduktivní práce - výsledek ergonomické analýzy

b) **Sociální** – zde se jedná o efekty, které není možné přímo finančně vyčíslit. Tyto efekty se projevují v uspokojení člověka z práce, dobrém zdravotním stavu atd., což se následně pozitivně odrazí v hospodářské a finanční sféře podniku a v životní úrovni pracovníka.

Sociální úroveň systému lze hodnotit např. následujícími kritérii:

- mezilidské vztahy na pracovišti
- pracovní soutěživost
- postupné zvyšování kvalifikace
- vztah ke společnosti
- zdravotní stav pracovníka aj.

Je zřejmé, že snáz dojde k prosazení ergonomické zásady, kde dokážeme spočítat přímý finanční dopad. V mnohých případech to není možné, avšak i praxe potvrzuje, že nynější společnost dokáže zavádět i taková opatření, kde hlavní efekt spočívá v oblasti sociálně-humanitární. [1]

3.2. Člověk

Jak bylo uvedeno výše, centralizace a zvětšení výroby mělo za následek výrobu a využívání techniky, která nebyla v souladu s variabilitou člověka. Zásluhou ergonomie se tento mechanocentrický způsob (člověk se musí přizpůsobit stroji) potlačuje a prosazován je přístup antropocentrický, kdy technika musí respektovat schopnosti, možnosti a limity člověka jak po duševní, tak po fyzické stránce.

Dávněji člověk ke své činnosti využíval téměř výhradně pouze ruce, ať manipuloval s břemeny, nebo vyráběl z tvárného materiálu, poté začal používat ruční nástroje. V další etapě již využíval i nástroj poháněný energií (elektřina) či samostatný stroj, kde člověk ovládal pouze pohyb nástrojů. S postupem času dochází i zde k automatizaci, kdy stroj provádí tyto operace

sám, a člověk se stává „pouhým“ operátorem. Vývoj končí automatem, který pracuje zcela bez přispění člověka, na základě předem jasné definované operace.

Postupným efektem tohoto vývoje je přenos fyzicky a energeticky náročných operací na stroj a lidská činnost se přesouvá více do psychické sféry. Stejně tak se mění podstata ergonomie, kdy místo problému fyziologického rázu vystupují do popředí problémy psychosociální. [1,20]

Při navrhování systému je nezbytné vhodně rozdělit jednotlivé funkce mezi správné složky systému:

a) přednosti člověka vůči stroji

- schopnost správné reakce při nepředvídatelné události
- vnímání podnětů, které stroj není schopen vnímat (čich, zrak)
- formulace závěru z neúplných vstupních informací
- dlouhodobá paměť jednotlivých významných situací
- rozhodování na základě vlastních zkušeností
- schopnost improvizace mimo standardní podmínky
- logické myšlení
- nízká ekonomická a energetická náročnost

b) přednosti stroje vůči člověku

- vnímání podnětů, které člověk není schopen vnímat (infrazáření, ultrazvuk)
- fyzikální výkonnost
- schopnost současného vykonávání více činností
- spolehlivost v případě opakujících se činností
- práce v pro člověka extrémních podmínkách
- rychlost zpracování informací (numerické výpočty)

Podle tohoto přehledu jednotlivých předností jak stroje, tak člověka, lze říci, že co je předností stroje, je slabinou člověka, a naopak. Nejsou však nijak výjimečné případy, kdy ekonomické hledisko více ovlivní rozvržení systému, a člověk je v systému přetěžován, vystavován práci v nevhodných podmínkách apod. [1,20]

3.2.1. Fyzické parametry člověka

Primárními parametry, z nichž vycházíme při antropocentrickém přístupu navrhování systému člověk-technika-prostředí, jsou parametry fyzické, hlavně pak výška člověka.

Výška

Pokud máme optimalizovat techniku s ohledem na člověka techniku využívajícího, je potřeba znát jeho rozměrové vlastnosti. Vzhledem k tomu, že nelze technické zařízení projektovat „na míru“ konkrétnímu člověku, je potřeba znát a využívat tabulkové hodnoty. Takto uzpůsobený stroj bude potom vyhovovat člověku průměrného vzrůstu a lidem, jejichž

vzrůst se pohybuje v jeho blízkosti (odhadem 95 %). Potřeby člověka, jehož vzrůst se pohybuje ve zbylých 5 %, nebudou naplněny. [1,20]

Průměrná výška mužů i žen se s postupem času pozvolna zvyšuje, nyní činí v ČR 180 cm u mužů a 168 cm u žen. Kdybychom měli použít statistické informace z období před několika generacemi, byly by tyto hodnoty nižší. Například s velmi výraznou změnou průměrné výšky se setkala Japonsko, kde muži mezi 50. a 70. lety 20. století „vyrostli“ průměrně o 10 cm výšky. [20]

Hmotnost

Hmotnost již zdaleka nenabývá takového významu, jako výška. Přesto však není možné hmotnost opomíjet a musí být zohledněna např. při limitní nosnosti pracovního místa. [20]

3.3. Technika

Technika je druhým hlavním subsystémem dříve definovaného systému. Lze ji definovat jako vše, co člověk využívá k vytváření hodnoty nebo uspokojení potřeby. Níže jsou uvedeny jednotlivé základní ergonomické poznatky, jež by měla technika respektovat pro vyhovění antropocentrickému přístupu. [1,20]

3.3.1. Rozměr

Základním kritériem techniky pro vyhovění potřebám člověka jsou její rozměrové vlastnosti, které musí respektovat:

- pohlaví a věk člověka
- pracovní polohu
- pohybový prostor
- zorné podmínky
- speciální pracovní podmínky [1]

3.3.2. Pohlaví a věk člověka

Máme-li navrhnout techniku daných rozměrů, je zásadní vědět, jaká skupina lidí bude tuto techniku využívat. V případě, že by daný stroj využíval jeden konkrétní člověk, přihlédneme přímo na jeho tělesné parametry. Tento přístup je však velmi výjimečný, a proto musíme počítat s tím, že stroj bude využívat větší množství lidí, jak rozměrově, tak silově. Volba konstruktéra pro jednotlivé prvky stroje pak musí být taková, aby tento stroj zajišťoval pracovní pohodu většině pracovníků tento stroj využívajícím. Praxe je většinou taková, že konstruktér navrhuje rozměry stroje a jeho prvků podle průměrných tělesných rozměrů dospělého muže. [20]

3.3.3. Pracovní poloha

Rozměry stroje jsou významně ovlivňovány také uvažovanou pracovní polohou, přičemž nejčastějšími pracovními polohami jsou poloha sedu a stoje. Nelze však vyloučit pracovní

polohy méně používané, např. předklon, dřep, klek. Speciální, však neodmyslitelnou základní pracovní polohou člověka, je také chůze. [1]

Z pohledu vlivu na muskuloskeletární systém dělíme pracovní polohy na fyziologicky vhodné a nevhodné. U vhodných pracovních poloh nevyžaduje poloha trupu a končetin statické úsilí a tato poloha je stálá, nedochází k citelným změnám. V případě nevhodné pracovní polohy je charakteristická nepřirozená poloha trupu a končetin, vyžadující velké statické silové zatížení. [21]

Pozice ideálního **stoje** je podmíněna vydatým zakřivením páteře v oblasti krční a bederní. Lze říct, že stojem člověk vyvažuje tělo ve svislé poloze, jedná se o polohu labilnější, než je poloha sedu. [1,21]

Sed je z anatomického hlediska definován jako poloha, kdy je dodrženo stejné zakřivení páteře jako v ideálním stoji, stehna svírají s trupem úhel větší než 135°. [1,21]

Pokud bychom pracovní polohu posuzovali z hlediska fyziologické nenáročnosti, nejvhodnější pracovní polohou je sed. Oproti stoji, případně dalším pracovním polohám, je energeticky nejméně náročný a dolní končetiny nejsou trvale zatíženy. Tabulka 1 srovnává pracovní polohu sedu a stoje. Vyplývá z ní, že i stoj má řadu výhod oproti sedu. Nevýhodou jsou však zdravotní následky způsobené faktem, že lidské nohy nejsou zcela dimenzovány pro trvalé, dlouhodobější zatížení hmotností těla. [1]

Výhody sedu	Výhody stoje
menší energetická náročnost	možnost střídání poloh
ohledčení dolních končetin	větší dosah končetin
využívání činnosti dolních končetin	větší síla
jemnější, přesnější pohyby	větší bdělost
větší soustředěnost	možnost rychlého úniku

Tab. 1 Porovnání výhod sedu a stoje [1]

Snahou návrhu pracovní polohy při projektování stroje je tedy pracovní poloha v sedě. Toto doporučení však nemůžeme pochopit jako extrém, kdy by jakákoliv jiná pracovní poloha byla nežádoucí, spíše naopak. Při práci v sedě je nutné umožnit pracovníkovi dočasné změny pracovní polohy, resp. polohy těla, např. nutnost doplnění materiálu z místa, kde je nutné dojít. [1,20]

3.3.4. Pohybový prostor

Pohybový prostor je prostor, v němž lze provádět pracovní činnost. Základním prvkem pohybového prostoru je manipulační rovina, což je rovina zahrnující místo, ke kterému se vztahují nejčastěji vykonávané pohyby rukou, v níž se provádí většina pracovních úkonů. Poloha manipulační roviny je definována svislou vzdáleností od podlahy – díky této definici lze manipulační rovina určit u většiny činností. Každá pracovní činnost má pak svou optimální výšku manipulační roviny.

Výška manipulační roviny a pracovní prostor musí respektovat:

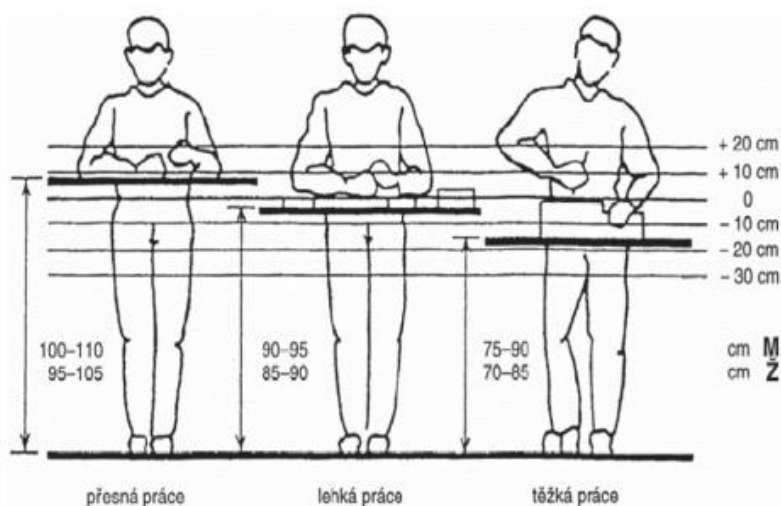
- tělesné rozměry pracovníka

- rozměry předmětu práce
- hmotnost předmětů, potřebná vynakládaná síla
- zraková náročnost práce
- přesnost práce [1]

Manipulační rovina musí mít matný, snadno udržitelný povrch a nesmí mít ostré hrany, které by neumožňovaly příjemné opření ruky, nebo by v krajním případě mohly způsobit poranění.

Výška manipulační roviny je naznačena v obr. 3. Přesná práce je taková, kde je vysoká zraková náročnost a nedochází k manipulaci s těžkými předměty. V případě, že práce vyžaduje manipulaci s těžkými předměty, pracovní rovina se naopak posouvá pod svou standardní výšku. [4]

V případě práce vsedě se výška manipulační roviny určuje vzdáleností mezi ní a sedákem pracovní židle. U mužů je tato vzdálenost optimální v rozsahu 22 a 31 cm, v případě žen o centimetr méně. [4]



Obr. 3 Doporučované výšky pracovní roviny pro práci ve stoje [4]

Z hlediska ergonomie pohybové prostory pro ruce dělíme na:

- optimální (O) – dosah předloktí
- normální (N) – dosah středu dlaně natažené paže
- funkční (F) – dosah konce prstů natažené paže
- maximální (M) – dosah prstů s náklonem do 15°

Optimální a normální pracovní prostor je definován v tabulce 2, přičemž rozměry jsou uváděny od referenčního bodu, který je průsečíkem následujících rovin:

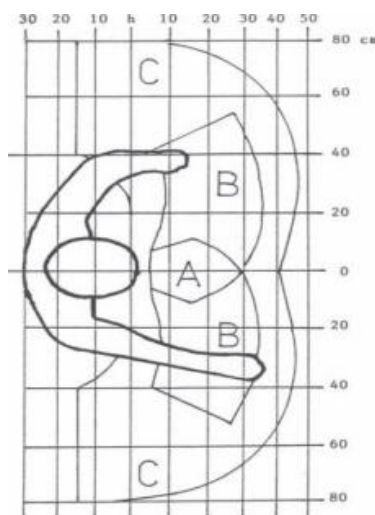
- vodorovné manipulační roviny,
- svislé sagitální roviny proložené osou těla,
- svislé frontální roviny proložené přední hranou manipulační roviny (stolu, stroje). [1]

Směr	Označení	Použití	Muži	Ženy
Na každou stranu od sagitální roviny	O	časté	40	35
	N	občas	75	70
Dopředu	O	časté	25	25
	N	občas	50	40
Nahoru	O	časté	35	33
	N	občas	53	50
	F	zřídka	80	70
Dolů	O	časté	15	15
	N	občas	25	20

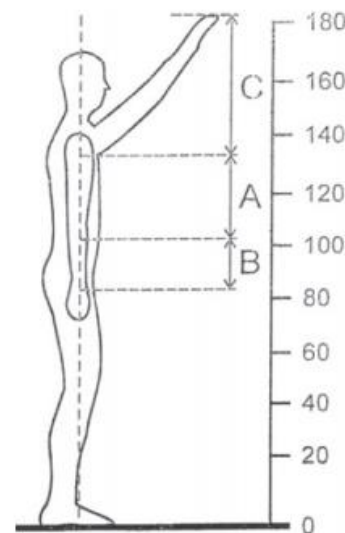
Tab. 2 Manipulační pohybový prostor (v cm, od referenčního bodu) [1]

Pracovní pohyby je potřeba provádět v takovém rozsahu a četnosti, aby nedocházelo k přetížení jednotlivých svalových skupin. V případě, že je při práci potřeba využití obou rukou, jejich zatížení by mělo být rovnoměrné. Střed dlaní by pak měly vykonávat pohyby souměrné s rovinou těla. [4]

Obrázky 3 a 4 graficky znázorňují pohybové zóny ve stoje a v sedě. Oblast A zobrazuje zónu nejčastějších pohybů a přesných pohybů, oblast B pohyby předloktí při manipulaci s předměty a nástroji bez toho, aby člověk změnil základní pracovní polohu. Oblast C pak představuje maximální dosah, kde je již nutné zapojení trupu. [4]



Obr. 3 Dosah horních končetin na pracovním stole vsedě [4]



Obr. 4 Dosah horních končetin při práci vstoje [4]

Nejen horní, ale také dolní končetiny, resp. jejich pohybový prostor, je nutno posoudit. Prostor pro nožní ovladače, tzv. pedipulační prostor, je vymezen tabulkou č. 3. [1]

Pohybový prostor	Muži, ženy
Nejmenší výška nad podlahou	60
Nejmenší celková šířka	50
Nejmenší hloubka od hrany stolu	50
Optimální hloubka	70

Tab. 3 Pedipulační prostor (v cm) [1]

3.3.5. Zorné podmínky

Zrakem získáváme více než 80 % informací, proto jsou vhodné zorné podmínky zásadní nejen v této oblasti.

Zorná vzdálenost je definována jako vzdálenost mezi okem a pozorovaným detailem. Ideální zorná vzdálenost závisí na kvalitě zraku a na velikosti tzv. kritického detailu – velikosti, kterou musí člověk přesně identifikovat (ryska měřicího zařízení, otvor atp.). Kvalita zraku klesá přirozeně se zvyšujícím se věkem člověka, dále je ovlivňována nemocemi, psychickou pohodou, únavou a světelnými podmínkami.

Zorná vzdálenost se určuje podle velikosti kritického detailu:

- minimální vzdálenost 12 – 25 cm (detail 0,2 mm) – vysoká zraková náročnost, mnohdy se využívá zvětšovacích optických zařízení (lupa)
- vzdálenost 25 – 35 cm (detail 1 mm)
- vzdálenost 35 – 50 cm – příkladem jsou administrativní práce, běžné montážní práce
- vzdálenost nad 50 cm – využití při činnostech, kdy není nutné rozlišovat detaily pod 1 cm, např. manipulace s břemeny, chůze. [1,20]

Pro zachování vhodné pracovní polohy člověka je nutné s ohledem na zornou vzdálenost upravovat výšku manipulační roviny. V případě, že by byla manipulační rovina stejná pro různé zorné vzdálenosti, mohlo by docházet k fyziologickým problémům s páteří pro nevhodný sed, resp. stoj.

Osa pohledu je polopřímka vycházející z oka při normální poloze hlavy a osa, která svírá s horizontálou vedenou z oka úhel **alfa**.

Úhel osy pohledu závisí na poloze krční páteře, díky čemuž se různí mezi sedem a stojem. Úhel **alfa** pro sed by měl činit 40°, pro stoj pak 30°. [20]

3.3.6. Speciální podmínky

Mimo již uvedené faktory je nezbytné brát v úvahu rovněž další vlivy, které výrazně ovlivňují prostorové řešení stroje. Patří mezi ně především:

- velikost pracovního předmětu
- vlastnosti pracovního předmětu (hmotnost, uchopitelnost)
- bezpečnost práce (v případě existujících nebezpečí se musí počítat s únikovými cestami)
- počet pracovníků na pracovišti
- vybavení pracoviště (využití manipulátorů nebo pomocných zařízení jako jsou polohovadla, stojany atp.)

- f) délka trvání pracovního úkonu (dle délky práce se určuje důležitost řešení jednotlivých prvků). [1]

3.4. Komunikace člověka s technikou

3.4.1. Ovladače

Ovladač je základní zařízení pro ovládání chování stroje. Prostřednictvím ovladače tak člověk sdělí stroji informaci o změně požadované vlastnosti či veličiny. Rozdělení ovladačů do kategorií záleží na základním parametru, na který se při daném dělení zaměřujeme. [1,22]

Podle formy energie přenosu dělíme ovladače na:

- mechanický
- elektrický
- hydraulický
- pneumatický [1,20]

Podle části těla, kterou ovladač používáme, se ovladače dělí na:

- ruční (dlaní, rukou, prstem, více prsty, obouruční)
- nožní (jedním nebo dvěma chodidly)
- ovladače ovládané jinou částí těla [1,20]

Podle působení ovladače rozlišujeme:

- ovladač polohový, pro jehož ovládání je zásadní daná poloha ovladače
- pohybový ovladač, kde rozhoduje rychlost nebo zrychlení, případně dráha pohybu
- ovladač silový, který závisí na vyvinuté síle [1,20]

Podle dráhy ovládacího pohybu dělíme ovladače na:

- přímočarý (např. tlačítko – pohybuje se po přímé ose)
- obloukový (páka)
- centrický
- kruhový (osa otáčení leží mimo hmatník – klika)
- obecný (nesplňuje ani jeden z výše uvedených pohybů) [1,20]

Dále lze dělit ovladače na základě četnosti jejich využívání na ovladače využívané trvale, kdy se jedná o ovladače s průměrným intervalem mezi využitím do 12 sekund. Další kategorií jsou ovladače s velmi častým využitím (s intervalem do 60 sekund) a ovladače s využitím zřídka. [1]

Typ	Použití především pro	Ovládání	Rozměr min/max (mm)	Pohyb	Síla min/max (N)
Tlačítka	rychlé a časté vypínání, zapínání	prstem dlaní	průměr 12/3 průměr 30/5	zdvih min/max 5/20	2,5/10 /120
Páčky	rychlá, ne však častá funkce	prsty	průměr 3/25 délka 12/50	dvoupolohový 30° třípolohový 45° od středu	2,5/10
Přepínače otočné	změna funkce jednotlivých pochodů	prsty	šířka 8/20 výška 12/25 průměr základny 25/70	optická kontrola 24 poloh po 15° hmatem 8 po 45°	2,5/15
Točítka	jemné nastavování a regulace spojitých funkcí	dva prsty více prstů	průměr 7/60 výška dle průměru		2,5/4 2,5/14
Ruční kolečka	přímé ovládání	rukou oběma rukama	průměr 70/40/10		10/100 /200
Ruční páky	rychlé ovládání, menší přesnost, větší síla	rukou oběma rukama	hmatník ve výši vodorovného předloktí		trvale 10/60 s přestávkami sagitálně /120 frontálně /80
Nožní tlačítko	rychlost, ne přesnost	chodidlo	průměr 20	zdvih 12/60	15/75
Pedál	rychlost, síla	chodidlo	šířka min. 75 výška 30	zdvih špičky v kotníku /60 kolena /150	trvale 40/90 s přestávkami 40/50 regulace 15/90 žádka 200

Tab. 4 Základní údaje o běžných ovladačích [1]

Při navrhování ovladačů je nutné dbát mnoha zásad. Ovladače musí být umístěny tak, aby byly pohodlně dosažitelné pracovníkem, tj. aby na ně pracovník dosáhl bez nutnosti zaujmutí nevhodné pracovní polohy nebo vykonávání nadbytečných pohybů. Umístění jednotlivých ovladačů záleží pak na jejich důležitosti a frekvenci využití. [4,23]

Pro rovnoměrné využití končetin je vhodné zatěžovat každou z nich. Velikost jejich zatížení se odvíjí od charakteru práce a typu ovladače. Benefitní je pak využívání nožních ovladačů. Jejich pedály by měly být navrženy tak, aby je bylo možno obsluhovat oběma nohama a zároveň přiměřeně vysoké, aby k ovládání stačila pouze špička nohy. V případě nožních ovladačů je vhodná implementace ochrany proti nechtěnému sešlápnutí (např. pomocí plechových krytů). [4]

Mnohdy se setkáme s pracovištěm, kde se nachází více ovladačů spolu, třeba i stejného typu. V takových případech je potřeba jejich rozlišení, aby nedošlo k nechtěné záměně. Toho lze docílit např. použitím různých barev, symboly, tvarem, či nápisy. Dalším nutným prvkem poté

je, aby bylo opatřena nechtěná aktivace několika ovladačů najednou. Speciálním případem tohoto rizika je poté např. výrobní linka nebo výrobní stroj pro více pracovníků, kdy hrozí i záměna ovladače se sousedícím pracovníkem. [4][23]

3.4.2. Sdělovače

Sdělovače jsou zařízení, jejichž funkcí je předávání informací o stavu strojního zařízení pracovníkovi. Na základě sdělených parametrů pak člověk zasahuje do chodu stroje.

Podle typu energie, kterou je daná informace předávána, dělíme sdělovače na:

- mechanické
- elektrické
- pneumatické
- hydraulické [1,20]

Podle smyslu, jímž informaci vnímáme rozlišujeme:

- zrakové (optické)
- sluchové (akustické)
- hmatové [1,20]

Podle počtu sdělovaných informací:

- kvalitativní – informace jsou ve formátu ano/ne, svítí/nesvítí atp.
- kvantitativní – informace mají dané množství, např. otáčkoměr, teploměr [1,20]

Podle způsobu kódování informace dělíme sdělovače následovně:

- v případě vizuálních sdělovačů to je:
 - polohový – prvek sdělovače (např. ručička) předává informaci svou polohou na stupnici
 - tvarový – symboly
 - barevný – sdělení různými barvami
 - velikostní
- u akustických potom:
 - výška/síla tónu
 - časový průběh zvuku
 - barva
 - kolísání tónu
- a u hmatových:
 - velikost
 - tvar
 - teplota
 - drsnost
 - poloha [1,20]

Posledním parametrem, dle něž lze sdělovače dělit, je délka trvání informace:

- trvalé (absolutní)
- dočasné – informace je stálá v kratším časovém intervalu (klíma)
- proměnlivé – informace se mění v čase, je ale lehce odečitatelná (ručička na stupnici)
- okamžité – informace se plynule mění, řádově ve zlomkách sekund [1,20]

V praxi se setkáváme s velkou škálou rozmanitých sdělovačů, ať provedením, nebo funkcí. Přehled nejběžnějších ukazuje tab. 5.

Druh: Vizuální		Provedení	Příklad
Typ	Použití		
Návěští	Mimořádné situace Provozní informace kvalitativní	světelné - mechanické kulaté - obdélníkové neprůhledné - transparentní trvalé - blikající	signálky nápis symboly grafy
Technologická schémata	Pro centra řízení kvalitativní	barevné - transparentní statické - dynamické	doprava materiálu
Stupnice	Rychlé a přesné čtení Nastavování hodnot Kvantitativní	ukazatel pevný - pohyblivý lineární - nelineární vertikální, horizontální okénkové, segmentové, kruhové	měřicí a kontrolní přístroje
Číselníky	Přesné čtení hodnot za klidu Kvantitativní	mechanický - digitální čísla - písmena	tachometry displeje
Obrazovky	Složitě nebo sdružené informace kvalitativní i kvantitativní	čísla - písmena - symboly statické - dynamické jevy	radar počítač
Projekční	Sdělení informace více osobám Kvalitativní i kvantitativní	přední - zadní projekce statické - dynamické	kino, televizní projekce řídící střediska
Zapisovače	Trvalé záznamy	mechanické - optické jednorázové - trvalé	tiskárna počítače registrační záznam
Druh: Akustické			
Slovní	Rychlé a objemné informace	drátové - bezdrátové jednostranné - oboustranné stabilní - přenosné	telefon, reproduktor
Spojité tóny	Varování a signalizace poruch	stálé - kolísavé trvalé - přerušované vysoké - nízké slabé - silné tóny	houkačka siréna píšťala
Nespojité tóny	Zvýšení pozornosti	jednorázové - opakované	zvonek bzučák gong
Druh: Taktilní			
Tvarové	Odlišení ovládačů	koule - krychle - válec - hruška - mezikruží - hranol atp.	zakončení pák držadlo nástroje
Teplotní	Odlišení materiálu	tepelně vodivý - izolační	potah madla

Tab. 5 Přehled sdělovačů [1]

Podstata sdělovače je sdělit, zprostředkovat člověku informaci, kterou není schopen zachytit běžným dohledem nad strojem, např. kvůli vzdálenosti, přístupnosti nebo nutné přesnosti odečtení stupnice. Z každého pracovního místa musí být dobře viditelný zrakový sdělovač poruchového a havarijního stavu, jež vyžaduje rychlý zásah pracovníka. Vedle zrakového sdělovače pak musí být tyto mimořádné situace signalizovány také sluchovým sdělovačem. [1,23]

Při uvažování o použitých sdělovačích je nezbytné řídit se následujícími zásadami:

- a) Sdělovač by měl poskytnout pouze základní informaci. V případě, že by daný sdělovač sděloval i nepotřebné, nadbytečné informace, hrozí riziko přehlédnutí té nezbytné.
- b) Informace musí být podána sdělovačem v okamžik, kdy je opravdu aktuální, nikoliv předem – mohla by být zapomenuta. Stejně tak umístění sdělovače je důležité.
- c) Konkrétní informace by měla být podána nejvhodnější možnou senzorickou cestou. Zde se přihlíží rovněž na prostředí, aby byla informace v kontrastu k ostatním vjemům.
- d) Informace musí být **jasná**. Její čitelnost lze optimalizovat:
 - kódováním – určení jednotné „abecedy“, čímž rozumíme písmena, číslice, tvary, barvy...
 - intenzitou – velikostí detailu. V případě vizuálních sdělovačů je důležité znát velikost kritického detailu. Pro sluchové sdělovače platí nutnost vyšší hlasitosti alespoň o 10 dB oproti prostředí. Pokud je prostředí klidné, doporučuje se intenzita mezi 40 a 60 dB.
 - typem sdělovače – ten ovlivňuje spolehlivost příjmu. Při využití stupnice při stejných podmínkách, jaké jsou v prostředí, určuje chybovost odečítání podle tabulky 6. [1]

Stupnice	% chyb
Vertikální	35,5%
Horizontální	27,5%
Segmentová	16,6%
Kruhová	10,9%
Okénková	0,5%

Tab. 6 Chybovost odečítání jednotlivých stupnic [1]

- umístěním sledovače v zorném poli. Zdroje uvádí jako nejvhodnější pro odečítání centrum zorného pole, potom levý a pravý horní kvadrant.
- provedením. Ideálním příkladem jsou stupnice, kde jsou pravidla následující:
 Dělení stupnice je nejvhodnější lineární v jednotkách, desítkách, stovkách. Horší jsou potom stupnice po dvou nebo po pěti. Za nevhodné dělení se považuje stupnice po třech nebo po dvou a půl.
 Rysky stupnice pro jednotky / pětky / desítky mají být v délkovém poměru 1 : 1,5 : 2 a v poměru tloušťky 1 : 2 : 3.
 Ukazatel nesmí zakrývat odečítané hodnoty, číselné stupnice a nesmí být širší než tloušťka základní jednotky stupnice.

Tvar sdělovače musí podporovat zrakovou orientaci a čitelnost údajů. Povrch rámečků musí být matný, aby nezpůsobil odlesky zhoršující čitelnost. [1][20]

- kontrastem. Nejvhodnější barevnou kombinací pro stupnici sdělovače je černá stupnice na bílém podkladu. V případě opačného barevného provedení, kdy je stupnice bílá a podklad černý, dosáhneme lepší čitelnosti při nedostatečném osvětlení. Tabulka 7 ukazuje příklad vhodné kombinace použitých barev. [1][20]

	symbol	pozadí
1.	černá	žlutá
2.	zelená	bílá
3.	červená	bílá
4.	modrá	bílá
5.	bílá	modrá
6.	černá	bílá
7.	bílá	černá
8.	bílá	zelená
9.	žlutá	modrá
10.	červená	žlutá
11.	zelená	červená

Tab. 7 Vhodné kombinace barev [1]

- expozicí, tj. dobou vnímání, odečítání informace. Tato doba závisí na typu odečítané informace, typu stupnice, světelných podmínkách, vzdálenosti sdělovače a čitelnosti. V případě odečítání jednoduchých informací se expozice pohybuje zpravidla mezi 0,2 a 1 sekundou. [1,20]
 - prostředím, u zrakových sdělovačů světelnými podmínkami, u sluchových hlukem prostředí. V dalších případech může mít vliv i jiný faktor prostředí, např. zátěž pracovníka, psychická i fyzická, klimatické podmínky a vibrace. [1,20]
 - polem čtení informace. Čtení informace může být nepřesné, proto se pro zlepšení orientace pracovníka používají barevná pole stupnice. Dále obecně platí, že nejčastěji odečítané hodnoty by se měly vyskytovat přibližně uprostřed zobrazované stupnice sdělovače. [1,20]
- e) Umístění sdělovače v zorném poli člověka by mělo respektovat:
- důležitost informace
 - četnost využívání
 - logickou vazbu na příslušný prvek stroje
 - typ sdělovače
 - dobu nutnou pro odečtení informace [1]

3.4.3. Vazby mezi ovladači a sdělovači

Při ergonomickém řešení dané soustavy je nutné přihlížet k vazbám mezi ovladači a sdělovači. Každá funkce stroje je doplněna alespoň jedním ovladačem a sdělovačem.

Ovladač a sdělovač pro danou funkci by měly být seskupeny na jednom místě. Běžným rozmístěním je sdělovač umístěn nad ovladačem, proto, aby při manipulaci s ovladačem nebyl sdělovač zastíněn. Tento požadavek musí být splněn i v případě, že by byly tyto prvky umístěny vedle sebe. [1,20]

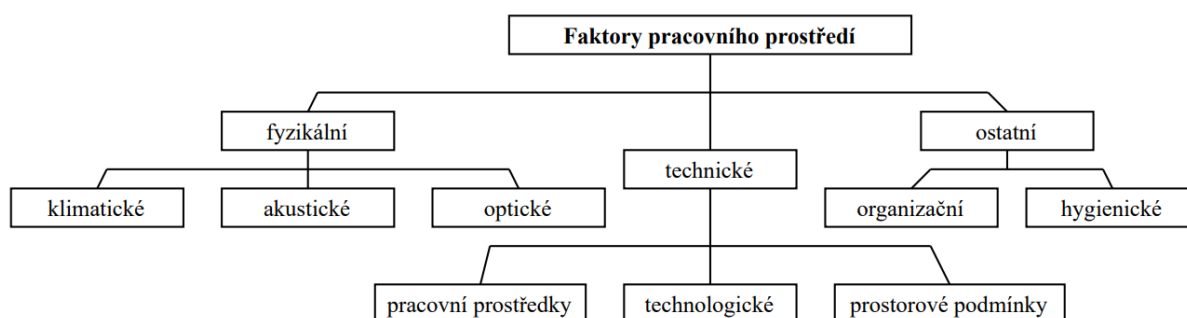
Další vazbou je vazba pohybu. Při navrhování je nutné dbát populačního stereotypu, což je návyk společný pro většinu lidí, např. otočením volantu po směru hodinových ručiček odbočím doprava aj. S pohybovými stereotypy souvisí i návyky účinku, např. při sešlápnutí pedálu o daný úhel zvýšíme otáčky o danou hodnotu. Návyky účinku můžou být následující:

- dráha – otočením ovladače očekávám zvýšení / snížení dané veličiny o určitou hodnotu
- intenzita – zvuku, osvětlení...
- počet [1,20]

Obecně pak platí, že ovladače a sdělovače s nejdůležitější funkcí by měly být umístěny uprostřed nebo v horní části ovládacího panelu. Ovladače s příbuznými sdělovači umísťujeme významově k sobě a respektujeme jejich vzájemné vazby. Záleží také na frekvenci jejich využívání – ty co využíváme nejčastěji umísťujeme na přednostní místo. [20]

3.5. Prostředí

Prostředím rozumíme všechny podmínky, které působí na člověka při vykonávání práce, ovlivňující jeho fyzický i psychický stav a výkonnost. Pracovní prostředí je dáno vybavením pracoviště a jeho prostorovým řešením, užitou technologií, organizací práce spolu s ideální klimatickou pohodou. Veškeré faktory pracovního prostředí ukazují schéma na obr. 5. [1,20]



Obr. 5 Schéma faktorů pracovního prostředí [20]

3.5.1. Osvětlení

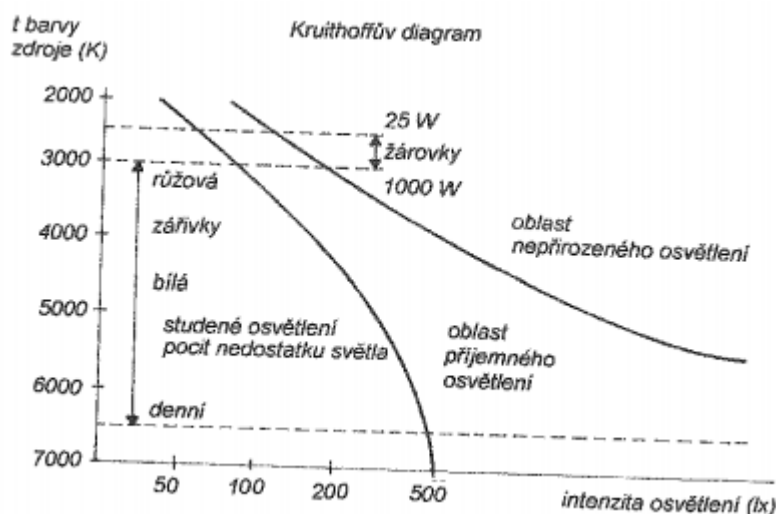
S tím, jak je zrak zásadní pro příjem informací (člověk zrakem přijímá okolo 80 % vjemů), osvětlení nabývá na zásadním významu. Osvětlení dělíme na denní, umělé a sdružené, kombinující předchozí dvě zmíněné. [1,20]

Denní osvětlení je nejvíce ekonomické a nejpříjemnější pro zrak. Nevýhodami je však jeho nestálost v závislosti na počasí, ročním období a čase. [1,20]

Umělé světlo je produkováno světelným zdrojem, což je zařízení měnící elektrickou energii na světlo. Zdrojů umělého světla je hned několik. Žárovky, které jsou příkladem teplotního zdroje, nemají dobrou energetickou účinnost (3-7 %). Mezi další zdroje umělého světla patří výbojky s vyšší životností oproti žárovkám. Vhodným světelným zdrojem jsou také zářivky, které oproti žárovkám emitují minimum tepla, a je možné jejich využití i v prostředí, kde je nutné zachování nízké teploty. Rovněž nevychylují barvy. [1,4,20,24]

Na osvětlení je kladena celá řada požadavků, jako jsou následující:

- Směr osvětlení je důležitý pro prostorové vnímání. Nejvhodnější je osvětlení zleva shora, případně ve směru, odkud by směřovalo přirozené světlo.
- Osvětlení by mělo být stálé, je nutné vyloučit kolísání intenzity pohybem či chvěním zdrojů světla, střídavým rozsvěcováním a zhasínáním. Stejně tak je potřeba osvětlení rovnoměrné – několik zdrojů světla na pracovišti by nemělo mít příliš rozlišnou intenzitu.
- Oslňování je považováno za nejvýznamnějšího negativního činitele osvětlení. Rozlišujeme oslnění relativní, kdy je jas zdroje světla příliš kontrastní vůči prostředí, a oslnění absolutní, kdy již oko není schopno přizpůsobit se intenzitě zdroje.
- Barva světla u použitého zdroje umělého světla by měla co nejvíce odpovídat dennímu světlu. Dle Kruithoffova diagramu na obr. 6 by se měla teplota barvy světelného zdroje zvyšovat s rostoucí intenzitou osvětlení. [1,20]



Obr. 6 Kruithoffův diagram [20]

3.5.2. Hluk

Hluk lze charakterizovat jako zvuk, který se jeví nepříjemně, rušivě a může být i škodlivý. Tyto nepříznivé vlivy zvuku lze rozdělit do tří kategorií:

- Obtěžující vliv se projevuje narušením pracovní pohody, vyvolává nepříjemné pocity a člověku ztěžuje podmínky práce. Na produktivitu práce vliv nemá.
- Rušivý vliv – ovlivňuje negativně produktivitu a jakost práce.
- Škodlivý vliv hluku se projevuje jak na výkonu pracovníka, tak již patologicky poškozuje lidský organismus. [1,20]

Hlasitost je základním kritériem pro hodnocení hluku. Měří se v decibelech (dB) a obecně platí, že čím vyšší je hlasitost hluku, tím více je pro člověka škodlivý. Tabulka 8 uvádí příklady intenzity hluku s jejich dopadem na člověka a jeho výkonnost. V prostředí, kde je intenzita hluku vyšší než 115 dB, je povolen pobyt osob pouze danou dobu a s využitím osobních ochranných pomůcek. Do prostředí, kde je intenzita hluku přesahující 140 dB, není vstup člověku povolen vůbec. [1,4]

Intenzita hluku (dB)	Charakteristika pásma
± 0	Prostředí zcela bez zvuku, dosažitelné pouze laboratorně. Na člověka působí nepříznivě.
do 30	Přírodní prostředí, normální hluk vyskytující se v přírodě, např. pohyby osob, zvířat, déšť.
30 - 65	Relativní hluk - vliv na člověka je velmi subjektivní, Dlouhodobě může působit rušivě při psychicky náročné činnosti.
65 - 80	Absolutní hluk, který je škodlivý bez ohledu na individuální postoj člověka. Snižuje kvalitu práce, ruší soustředění.
80 - 95	Působí nepříznivě na sluchové orgány, při dlouhodobé expozici trvale poškozuje sluch.
95 - 110	nutno využívat osobních ochranných pomůcek, zvyšuje únavu, způsobuje bolest hlavy.
110 - 130	Nutné osobní ochranné prostředky vyšších tříd, způsobuje bolest.
130 - 150	Poškozuje sluch i při krátké expozici, způsobuje závratě a silnou prudkou bolest.
nad 150	Způsobuje okamžité ohluchnutí.

Tab. 8 Pásma hluku [1]

Parametrů hluku, podle nichž lze určovat jeho dopad na člověka, je více, patří mezi ně např. výška frekvence zvuku, rytmičnost, časový průběh zvuku a další.

Možností, jak se s hlukem vypořádat, je více. Pro zavedení protihlukového opatření je důležité nejdříve analyzovat jeho zdroj. K tomuto měření se využívají hlukoměry, v některých případech lze odhad učinit pouze sluchem. Následuje určení příčiny, kterou je hluk způsoben. Třetí fází je navržení nápravných opatření, které sníží hladinu hluku. Formy prevence jsou níže, seřazeny podle jejich fáze implementace:

- a) Konstrukční opatření – zahrnuje všechny úpravy stroje nebo prostředí snižující hladinu hluku. V případě obráběcího stroje mluvíme o změně ložisek, ozubení, úpravě materiálu, využití tlumičů, vyvážení atd.
- b) Technologické opatření – mění se technologie výroby za účelem snížení hluku. Můžou se měnit jak dopravní rychlosti, řezné rychlosti, tak samotný způsob výroby, např. z kování na lisování, z nýtování na svařování.
- c) Technicko-organizační opatření – mezi tato opatření patří např. pružné uložení stroje, obložení hlučných prvků tlumicími materiály, využití zástěn, odhlučnění dopravy materiálu, nebo také zkrácení směn či častější výměna pracovníků.
- d) Osobní ochranné prostředky (OOP) – nejjednodušší způsob snížení hluku, měl by se však využívat až jako poslední možnost po implementaci výše zmíněných, nebo v kombinaci s nimi. Mezi OOP proti hluku patří:
 - Ušní zátky, používané do hlasitosti 100 dB. Tyto zátky ze speciálních materiálů propouští nízké frekvence (např. řeč) a tlumí frekvence vysoké.
 - Sluchátkové chrániče, používané do hlasitosti max. 120 dB.
 - Ochranné protihlukové přilby – mají vestavěné sluchátkové chrániče a chrání celou hlavu. Využívají se při nejvyšších hlasitostech.[1,4,20,25]

3.5.3. Klimatické podmínky

Vedle osvětlení pracoviště je nutné dbát rovněž na klimatický stav prostředí, zahrnující teplotu, vlhkost a rychlost proudění vzduchu a jeho čistotu. Ideálních klimatických podmínek pak dosáhneme vytápěním, případně ochlazováním prostředí a regulací vlhkosti vzduchu. Současně nejběžnějším a nejefektivnějším způsobem optimalizace klimatických podmínek je klimatizace.

Nepříznivými klimatickými podmínkami dochází k narušení pracovní pohody pracovníka, což může vést ke snížení efektivity práce, v některých případech až k ohrožení zdraví. [1,4,20]

3.5.3.1. Teplota vzduchu

Teplota ovzduší by měla přibližně odpovídat tepelné bilanci lidského organismu. Teplota lidského těla během dne kolísá, obecně lze však říci, že se pohybuje v rozmezí 36 a 37°C. Aktuální teplota těla závisí na metabolických pochodech a při jakékoliv činnosti, zvláště pak svalové, roste. Pro zajištění pracovní pohody člověk a je nutný odvod přebytečného tepla. Produkovaného tepla se pak člověk zbavuje následujícími způsoby:

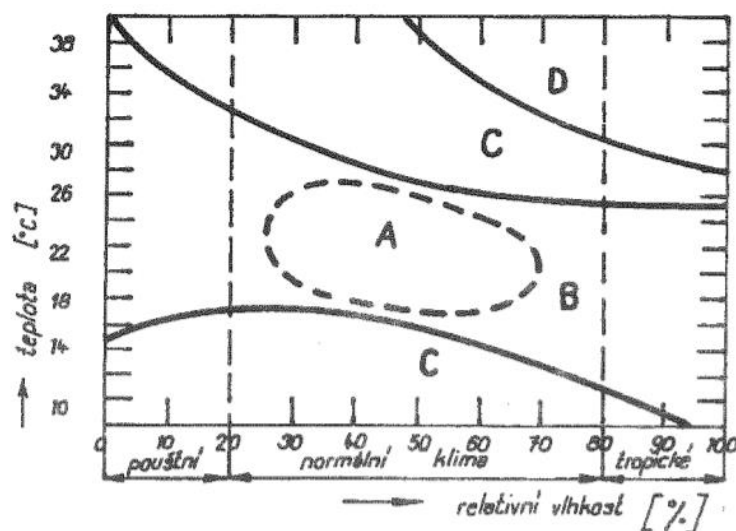
- vedením – předání tepla dotykem
- prouděním – přestupem tepla
- sáláním
- pocením – pot se odpařuje a tělo ochlazuje
- dýcháním [1]

Množství produkovaného tepla závisí na charakteru prováděné práce, její namáhavosti. Příkladem, pro lehkou práci (administrativní činnost) je doporučená teplota 20 °C, pro práci s mírnou zátěží (soustružník) 18 °C. Doporučená teplota klesá se stoupající náročností práce, resp. se stoupajícím množstvím produkovaného tepla pracovníkem práci vykonávajícím. Tato teplota může být o pár stupňů vyšší v létě, nižší v zimě.

Tepelnou situaci člověka ovlivňuje celá řada dalších parametrů, kterými jsou pohlaví a stáří člověka, jeho BMI, pracovní oděv a vlastnosti vzduchu zmíněné výše. [1,20]

3.5.3.2. Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu měříme v procentech jako relativní vlhkost vzduchu. Tou rozumíme poměr hmoty vodní páry obsažené ve vzduchu vůči vodní páře, kterou by obsahoval stejný objem vzduchu, nasycený vodními parami. Optimální relativní vlhkost se pohybuje mezi 40 a 60 % při normální teplotě. Právě ta zásadně ovlivňuje celkové klima. Závislost mezi teplotou a vlhkostí, brána s ohledem na klima pracovního prostředí, je vyjádřena grafem na obr.7. Pásmo A je pro práci nejvhodnější, nazýváme jej tzv. pásmo pohody. Pásmo B je svými klimatickými podmínkami uspokojivé, pásmo C uspokojivé není. V případě pásma D mluvíme o pásmu nebezpečných klimatických podmínek. [1,4,26]



Obr. 7 Závislost mezi teplotou a vlhkostí vzduchu s ohledem na pracovní pohodu [20]

3.5.3.3. Proudění vzduchu

Původ proudění vzduchu na pracovišti může být jak přirozený, tak umělý. Původ umělého proudění spočívá v pohybu pracovníka, pracovních technologiích (práce se stlačeným vzduchem, rotační části stroje) nebo účelném větrání různými technickými prostředky (ventilátory).

Proudění vzduchu, v závislosti na jeho rychlosti, ochlazuje povrch těla a snižuje tak pocitovou teplotu. [1,20]

4. ZÁTĚŽ

Zátěž různé zdroje definují ať jako reakci organismu, soubor vnějších podmínek, působení vlastní pracovní činnosti, stav napětí atp. Zde ji chápeme jako působení požadavků v soustavě člověk – stroj – prostředí. V případě, kdy tyto požadavky narušují pracovní pohodu, označujeme stav člověka za stres, vyjadřující nadměrnou zátěž organismu – ať psychickou nebo fyzickou. Tyto formy zátěže lze rozdělit podle síly působení do stupňů:

- optimální – faktory působí na člověka v ideálních mezích, nijak neomezují bezpečné a uspokojivé vykonávání práce
- mírná – z důvodu přesahu optimálních hodnot některých faktorů člověk pocítuje narušení pracovní pohody, nicméně nedochází k trvalému pocitu únavy nebo snížení pracovního výkonu
- velká – většina faktorů ovlivňujících pracovní pohodu přesahuje tolerance, dochází ke snížení pracovního výkonu
- nepříjemná – pracovní výkon je pro průměrného člověka nemožný, hodnoty faktorů jsou mimo meze a dochází k trvalému poškození zdraví.

Obecně lze pracovní zátěž rozdělit na fyzickou a psychickou. Blíže charakterizované jsou oba druhy zátěže v následujících podkapitolách. [1,4,27]

4.1. Fyzická zátěž

Původcem fyzické zátěže je jakákoliv činnost člověka. Čím je daná práce fyzicky náročnější, tím se pak zvyšuje přeměna metabolismu a člověk musí pro doplnění energie přijmout větší množství potravy.

Fyzickou zátěž rozlišujeme dynamickou a statickou, přičemž statická je zvláště nevýhodná. Přehled zdrojů fyzické zátěže uvádí tabulka 9. [1,4]

DYNAMICKÁ ZÁTĚŽ	
Zdroj	Činnost
Stereotypie	Trvalé zásobování stroje materiálem, stálé odebrání hotových produktů na výrobní lince, pásová výroba, nucené pracovní tempo, zatížení stejných svalových skupin.
Složitá koordinace	Obtížně naučitelné pohybové stereotypy, koordinace rukou a nohou při ovládání, vizuálně-motorická koordinace.
Vysoká přesnost	Jemné montážní práce, manipulace s jemnými ovladači.
Nepřiměřená dráha	Nefyziologické dráhy, trvalé přecházení, nevhodné rozmístění součástí, nejednotná manipulační rovina v rámci pracoviště.
Vysoká hmotnost	výrobků, pomůcek, nástrojů, materiálu, odpadu atd.
Velká síla	při transportu, obsluze ovládačů, práci s nástroji atd.
Rozložení pohybů	Nepravidelné střídání fáze klidu a pohybu.
STATICÁ ZÁTĚŽ	
Poloha	Nemožnost změny polohy, trvalý sed nebo stoj.
Extrémní poloha	v předklonu, shybu, kleku, výponu, pootočení apod.
Držení	přemětů, nástrojů, pomůcek apod.
Prostorové omezení	Nemožnost pohybu ve stísněných prostorech, např. kabiny, dopravní prostředky.
Nesení	Zatížení břemenem, pracovní pomůckou, přístrojem apod.

Tab. 9 Zdroje fyzické zátěže [1]

Při posuzování energetické náročnosti práce je nutná znalost tzv. energetické bilance. Základní energetická bilance je následující:

$$E_v = E_s$$

kde E_v je objem energie vynaložené na práci a E_s je objem energie spotřebované v potravě.

$$E_v = E_{bm} + E_p + E_n$$

kde E_{bm} je energie bazálního metabolismu, E_p je energie vynaložená na práci a E_n je vydaná na ostatní, nepracovní činnosti.

Hodnota E_p je z hlediska intenzity fyzické zátěže dělena do kategorií uvedených v tab. 10. Tabulkové hodnoty jsou vztahovány k průměrnému muži, pro ženy pak platí hodnoty nižší přibližně o 1/5. [1,4]

Druh	Spotřeba energie nad BM (v kJ, za směnu)
velmi lehká	<1250
lehká	1250-2500
mírná	2500-4200
střední	4200-6300
těžká	6300-8400
velmi těžká	>8400

Tab. 10 Fyzická namáhavost práce [1]

Brát ohled pouze na tabulkové hodnoty by bylo nesprávné, protože fyzickou zátěž ovlivňují i další faktory, jako časová distribuce práce a rozdělení zatížení mezi jednotlivé partie těla. Příkladem je třeba práce jednou rukou – daná ruka je přetížena a je potřeba práci rozdělit mezi obě ruce. [1,4]

Měření fyzické namáhavosti práce měříme následujícími způsoby:

- Měření přímé, konkrétně pak:
 - přemísťovaná hmotnost
 - vykonaná trajektorie
 - vynaložená síla
 - počet pohybů
- Měření nepřímé:
 - Metoda nepřímé kalorimetrie – využití závislosti spotřeby kyslíku a výdejem tepla. Informace se získává analýzou vydýchaného vzduchu pomocí Douglasových vaků.
 - Měření odezvy organismu – posuzuje se změna tepové frekvence
 - Měření frekvence dýchání a objemu vydýchaného vzduchu respirometry [1]

Existuje celá řada dalších metod, jako měření změn teploty těla, elektrického kožního odporu, vyloučeného potu atd. Výše jsou uvedeny ty nejběžnější a nejvíce využívané.

Vedle těchto experimentálních metod měření fyzické namáhavosti práce se v praxi hojně využívají i metody empirické, využívající porovnávání s tabulkovými hodnotami nebo výpočty z normativů. V neposlední řadě se setkáváme i s dotazníkovou metodou, kdy pracovník ať verbálně, nebo číselně či graficky na modelu těla posuzuje zatížení a napětí.

Pro snížení fyzické namáhavosti práce se využívá především motorizace, robotizace a automatizace. V mnohých případech potom stačí pouze malá mechanizace vozíky, skluzu nebo zdvihacími prostředky. Nelze opomenout ani faktor vhodné organizace a rozložení pracoviště. [1,4,28]

4.2. Psychická zátěž

Vlivem neustálého pokroku, modernizace a automatizace, se na úkor fyzické zátěže zvyšuje množství zátěže psychické. Původců psychické zátěže je mnoho, ty hlavní uvádí tabulka 11. [1,4]

Zdroj	Činnost
Množství informací	Velký počet sdělovačů, nutnost sledování provozu.
Nedostatek informací	Minimální požadavky na pracovníka z hlediska nutných operací, utlumení smyslů.
Monotónnost	Pásová výroba, jednoduchá práce nevyžadující psychické procesy.
Trvalá zátěž	Trvalé sledování stavu výrobku a stroje, sdělovačů; nutná stálá pozornost.
Změny informace	Rychlé změny podnětů, které je nutné registrovat a adekvátně na ně reagovat.
Nevhodné kódování	Nejednoznačná, nejasná informace.
Špatné prostředí	Špatné osvětlení, kouř, hluk atp.
Vysoká přesnost	Potřeba vysoké přesnosti práce.
Zodpovědnost	Zodpovědnostní nároky za hmotné věci nebo lidské životy, obava ze ztráty důvěry.
Nároky na paměť	Zamapátování náročných postupů a uchovávání důležitých informací.
Složité vyhledávání	Nutné hodnocení informací ve vazbách, variabilita.
Obtížné rozhodování	Nedostatek nebo nejasnost či nejednoznačnost informací pro jejich vyhodnocení
Rizikovitost práce	Reálné nebezpečí úrazu nebo havárie.
Časový stres	Nedostatek času na splnění pracovního úkolu, blízkost termínu, nemožnost ovlivnění průběhu akce.
Vědomí nedostatků	Pracovník si je vědom vlastních nedostatků (kvalifikační, fyzické...).

Tab. 11 Zdroje psychické zátěže [1]

Na rozdíl od fyzické zátěže, psychická zátěž není v mnohých případech tak jednoduše odstranitelná či regulovatelná. [1,27]

4.2.1. Únava

V průběhu času, např. směny, dochází ke kolísání lidského výkonu, přičemž hlavním ovlivňujícím faktorem je únava. Únavu lze rozlišit svalovou, která je důsledkem fyzické práce, neuropsychickou (monotónnost), duševní únavu způsobenou náročným rozhodováním a přemýšlením a únavu emocionální, plynoucí z sebeovládání, odpovědnosti atp.

Obecně tedy únava vzniká vysokým zatížením organismu. Je nutné rozlišovat pocit únavy a únavu. Pociť únavy lze zařadit mezi další lidské pocity jako je hlad nebo žízeň a nemusí odpovídat skutečnému stavu organismu. Značnou roli zde hraje motivace k činnosti, při kladné motivaci si člověk vzrůstající únavu neuvědomuje. Naopak potom, při nezájmu o práci nastává tento pocit ještě před jejím samotným vykonáváním. [1,27,29]

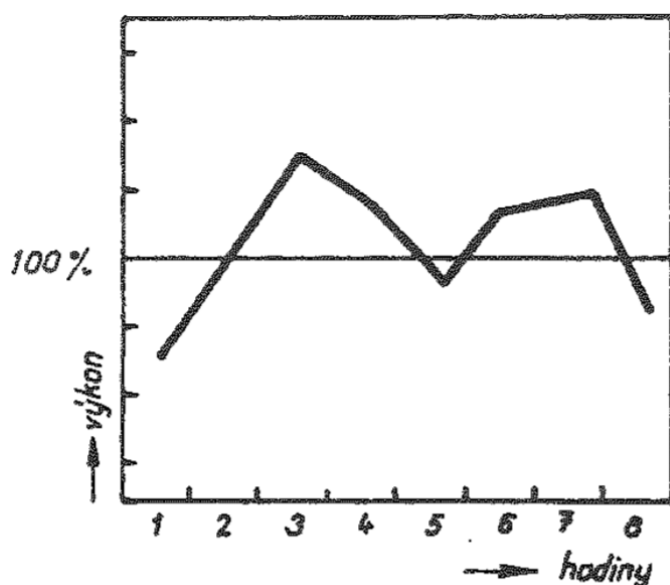
Fyzická únava je ovlivňovaná především druhem, intenzitou a rozdělením vykonávané pracovní činnosti. Lze ji dále dělit na:

- Normální – únava, která zmizí po dané době odpočinku (pracovní přestávka, spánek přes noc)

- Patologickou – jinak také kumulativní, tento typ únavy nezmizí odpočinkem, neustále se stupňuje do vyčerpání

Správné ergonomické řešení systému pomáhá minimalizaci nebo odstranění únavy. Jedním z efektivních opatření je vhodně zařazování pracovních přestávek. Nejvhodnější je zařazování přestávek v práci ve chvíli, kdy se začíná projevovat únava a výkon pracovníka poklesává. Podle namáhavosti práce se pak volí rozsah přestávky. Pro práce málo náročné stačí přestávky krátké, trvající řádově několik málo minut, pro práce náročné jsou vhodné přestávky delší, alespoň 5 minut. Mimo takto zařazované přestávky stojí tzv. nutné přestávky. Ty jsou dány předpisy a normami a jsou uplatňovány u prací zvláště náročných, buď fyzicky, nebo psychicky. [1,4,29]

4.2.2. Pracovní režim



Obr. 8 Křivka výkonu v 8-hodinové směně [1]

výkon opět roste, nicméně nedosahuje hodnoty dopoledního vrcholu.

Jedním z problémů je potom otázka směnnosti, protože vzhledem k využitelnosti strojního zařízení by bylo nejvhodnější pracovat na tři směny. Člověk má však nejpřirozenější činnosti přes den, nejlepší je pro něj pracovat během denní, resp. ranní směny. Hlavní nevýhodou nočních směn je přirozeně nižší výkonnost člověka, dána mj. i tím, že přes den nemůže lidské tělo dosáhnout optimálního odpočinku. [1,4]

Zásadním ergonomickým problémem je rovněž řešení pracovního režimu, především pak rozdělení pracovního dne. Když uvažíme osmihodinovou směnu, výkonnost člověka ukazuje křivka grafu v obr. 8. V případě dvanáctihodinové směny, křivka má podobný tvar, jen je protáhlejší do delšího časového úseku. Nižší hodnoty výkonnosti jsou zaznamenávány ze začátku směny, kdy probíhá zapracování, potom začátkem druhé poloviny směny, kdy bývá zpravidla i pro tento důvod zařazovaná pracovní přestávka. Po ní

5. KLASIFIKACE ERGONOMICKÝCH RIZIK

Pro vyhodnocení ergonomického rizika je nezbytná komplexní analýza, zahrnující:

- Pracovní postup v rámci výrobního procesu (manipulace s břemeny, monotónnost práce, pracovní poloha, vynakládaná síla, prostorové charakteristiky pracoviště).
- Organizaci práce, směnnost
- Pracovní režim, rozmístění pracovních přestávek
- Vlastnosti pracovníků na daném pracovišti (pohlaví, věk, fyzická a psychická zdatnost, vzdělání, zkušenosti)
- Statistika fluktuace, pracovních úrazů, onemocnění související s prací. [30]

Vzhledem k tomu, že se budu v praktické části zabývat pracovištěm, kde většinu pohybu vykonává člověk vsedě použitím výhradně horních končetin, níže definuji základní principy pro práci rukou, resp. zápěstím.

- Redukce počtu pracovních úkonů za směnu, využití automatizace.
- Udržování neutrální polohy zápěstí – redukce rotačního pohybu zápěstí.
- Snižování vynakládané síly – snížením hmotnosti ručně manipulovaných břemen, vyhnutí se nevhodným pracovním nástrojům.
- Uzpůsobení dosahové vzdálenosti – vyhnutí se manipulaci v polohách nad úroveň ramen.
- Volba vhodných pracovních nástrojů, odstranění možného přenosu vibrací na ruce, omezení statického držení.
- Volba vhodných OOPP – rukavice. [30]

6. METODY HODNOCENÍ ERGONOMICKÝCH RIZIK

Metody pro určování pracovní zátěže bývají často postaveny na subjektivním hodnocení, což může způsobit zkreslený výsledek, který opomíná některá rizika. Mezi tyto metody patří např. tenzometrie, dotazníkové nebo pozorovací metody. Pro objektivní vyhodnocení všech přítomných rizik je nutné použití modernějších metod, které umožní zjednodušení celého procesu a zavedou daný systém pro klasifikaci rizik. [21]

6.1. Kontrolní listy

Kontrolní listy, též nazývané checklisty, jsou vnímány jako univerzální metoda pro vyhodnocení ergonomických rizik. Pro hodnocení daného problému se užívají konkrétní kontrolní listy pro dané pracoviště podle jeho charakteru. Stejně tak je nutné zvolit pouze nutné množství parametrů, aby byl kontrolní list přehledný.

Kontrolní listy mohou být jak obecné (orientační) pro široké posouzení ergonomického stavu pracoviště, tak zaměřené na konkrétní část těla, např. paži či hlavu. Jednotlivé body checklistu by pak měly vycházet z platné normy či zákona. [21,30]

6.2. Metody hodnotící celkovou fyzickou zátěž

Mezi metodami hodnotícími celkovou fyzickou zátěž patří mezi nejčastěji využívané tabulková metoda. V praxi se používají tabulky:

- Pro odhad energetické náročnosti práce dle pracovní profese. Nevýhodou je nízká subjektivnost a s ní spojená vysoká potenciální odchylka.
- Pro odhad energetického výdeje při dané činnosti. Oproti předchozí zmíněné je zde odchylka menší, tabulky jsou již více konkrétní a lze je přesněji použít.
- Pro odhad energetického výdeje dle charakteristik jednotlivých činností. Mezi tabulkovými metodami je zde odchylka nejnižší.

Při hodnocení energetického výdeje postupuje následovně:

- Podrobný rozbor jednotlivých pracovních činností včetně složky času, jak dlouho jsou jednotlivé pracovní činnosti vykonávány.
- Suma jednotlivých tabulkových hodnot energetického výdeje každé činnosti
- Započtení složky času – energetický výdej jednotlivých činností se násobí časem, po němž je daná činnost vykonávána.
- Suma součinů času a energetického výdeje jednotlivých činností.
- Podíl sumy součinů času a energetického výdeje jednotlivých činností a efektivního pracovního času. [17]

Další metody hodnotící celkovou fyzickou zátěž jsou zmíněny v kapitole 3.1. *Fyzická zátěž*.

6.3. Metody pro hodnocení pracovní polohy

Hodnocení pracovní polohy zohledňuje jak statickou, tak dynamickou složku zátěže, frekvenci pohybů a délku setrvání ve statické poloze. Metody hodnotí polohu hlavy, krku, paží, trupu, nohou; většinou v úhlové odchylce od referenční (neutrální) polohy. Využívá se hned několik možných metod pro hodnocení pracovní polohy:

- Analýza na základě záznamu (fotografie, videozáznam).
- Pozorovací metody (RULA, REBA – moderní metody, charakterizovány v kapitole 5.5. *Moderní metody pro hodnocení ergonomických rizik*.
- Softwarové metody – charakterizovány v kapitole 5.6. *Softwarové metody*

Pro vyhodnocení vhodnosti či nevhodnosti pracovních poloh využíváme klasifikaci pracovních poloh z Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [17,31]

6.4. Metody posuzující rizikové faktory u strojních zařízení

Jako první metodu uvádím metodu všeobecného posouzení hlavních rizikových faktorů. Příkladem použití této metody je hodnocení pracovního zatížení horních končetin. Zohledňuje

se nejen vynakládaná síla, ale také pracovní polohy a frekvence jejich změn. Mezi vyhodnocované parametry/limity patří např.:

- Frekvence pracovních úkonů je nižší než 40 / min.
- Vynakládané síly při opakovaných pracovních činnostech nedosahují 15% maximální síly.
- Pevné uchopení nebo sevření netrvá déle než třetinu výrobního cyklu.
- Pohyby zápěstí a loketního kloubu nepřesahují 50 % maximálního rozsahu.
- a další

Rizikové faktory jsou vyhodnoceny jako přijatelné v případě, kdy pro obě horní končetiny platí, že ani jeden nepřesahuje stanovené limity.

Druhou metodou je metoda OCRA, analyzující rizika pracovní činnosti vycházející z její opakovanosti. Metoda spočívá v určení parametru, získaného z podílu počtu pracovních úkonů za minutu a referenční četnosti, určujícího závažnost rizika. Rozlišujeme riziko přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné. V případě podmíněně přijatelnosti je nutno opětovné zhodnocení za účelem snížení rizika, v případě nepřijatelné úrovně je nezbytné snížení, resp. změna:

- doby pracovního cyklu
- nevhodné pracovní polohy
- počtu pracovních úkonů v rámci pracovního cyklu [32]

6.5. Moderní metody hodnocení ergonomických rizik

Mezi moderní klasifikační metody patří např. metoda RULA, REBA a OWAS. Tyto metody jsou jednoduché a rychle proveditelné. Věnují se vyhodnocování vychýlení těla od přirozené polohy při práci. Výsledkem metody je určení koeficientu nutnosti změny posuzovaného pracoviště. [21,25]

6.5.1. RULA

Metoda RULA (Rapid Upper Limb Assessment) se, jak již název napovídá, zabývá hodnocením rizik týkajících se převážně paží, potažmo polohou hlavy (krku) a trupu. Tato metoda bere v potaz také využívanou sílu pro dané pracovní úkony a statickou zátěž svalů.

Pro aplikaci této metody je nezbytné zvolení výchozí polohy těla, od které potom odvozujeme pracovní polohy. Reálným pracovním polohám, které pozorujeme, potom přiřazujeme body podle tabulek. Vyhodnocení je realizováno součtem skóre základní a proměnné polohy. Příklad RULA checklistu je na obr. 9. [30,33]

RULA Employee Assessment Worksheet

Task Name:

Date:

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score

Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Wrist Twist Score

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held >1 minute),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain
Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Lower Arm Score

Wrist Score

Posture Score A

Muscle Use Score

Force / Load Score

Wrist & Arm Score

Scores

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	1	2	3	4
		Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	3
	2	2	2	2	3
	3	2	3	3	3
2	1	2	3	3	4
	2	3	3	3	4
	3	3	4	4	4
3	1	3	4	4	5
	2	4	4	4	5
	3	4	4	4	5
4	1	4	4	4	5
	2	4	4	4	5
	3	4	4	4	5
5	1	5	5	5	6
	2	5	5	5	6
	3	5	5	5	6
6	1	6	6	6	7
	2	6	6	6	7
	3	6	6	6	7

Table C		Neck, Trunk, Leg Score						
Wrist / Arm Score		1	2	3	4	5	6	7+
		1	2	3	4	5	6	7+
1	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
2	1	2	3	3	4	5	6	6
	2	3	3	3	4	5	6	7
	3	3	3	3	4	5	6	7
3	1	3	3	3	4	5	6	7
	2	4	4	4	5	6	7	7
	3	4	4	4	5	6	7	7
4	1	4	4	4	5	6	7	7
	2	5	5	5	6	7	7	7
	3	5	5	5	6	7	7	7
5	1	5	5	5	6	7	7	7
	2	6	6	6	7	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7
6	1	6	6	6	7	7	7	7
	2	7	7	7	7	7	7	7
	3	7	7	7	7	7	7	7

Scoring (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

RULA Score

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Leg Score

Table B: Trunk Posture Score		Neck Posture Score					
Neck Posture Score		1	2	3	4	5	6
		Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	1	2	3	3	4	5
	2	2	3	3	4	5	6
	3	3	3	4	4	5	6
2	1	2	3	3	4	5	6
	2	3	3	4	4	5	6
	3	3	3	4	4	5	6
3	1	3	3	4	4	5	6
	2	4	4	4	5	6	7
	3	4	4	4	5	6	7
4	1	4	4	4	5	6	7
	2	5	5	5	6	7	8
	3	5	5	5	6	7	8
5	1	5	5	5	6	7	8
	2	6	6	6	7	8	8
	3	6	6	6	7	8	8
6	1	6	6	6	7	8	8
	2	7	7	7	8	8	8
	3	7	7	7	8	8	8

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above,
locate score in Table B

Posture B Score

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held >1 minute),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Force / Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain
Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk, Leg Score

based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

Obr. 9 RULA checklist [33]

Metodou RULA získáme danou úroveň rizika. Pro porozumění jeho vážnosti se používá následující tabulka: [33]

Skóre	Závažnost nebezpečí
1-2	Zanedbatelné riziko, není potřeba žádné úpravy
3-4	Nízké riziko, je však vhodná úprava pracoviště
5-6	Střední úroveň rizika, nutná rychlá implementace opatření
7+	Vysoké riziko, nezbytná okamžitá náprava

Tab. 12 Úroveň rizika pro akci při vyhodnocení RULA metody [33]

6.5.2. REBA

Metoda REBA (Rapid Entire Body Assessment) je velmi podobná výše zmíněné metodě RULA, odlišuje se v první řadě komplexním zaměřením na celé tělo. Způsob jejího vyhodnocení spočívá v rozdělení poloh na dvě skupiny:

A – hodnocení polohy trupu, hlavy, dolních končetin; hodnocení poměru zátěže a vynaložené síly

B – hodnocení techniky úchopu, natočení zápěstí / předloktí / paže

Třetí vyhodnocovanou skupinou (C) je tzv. úroveň činnosti, zahrnující časový údaj o dané poloze – jak dlouho jsou např. horní končetiny bez pohybu ve statické poloze, či zda nejsou přetěžovány často se opakujícím pohybem.

Zahrnutím bodů všech třech skupin je vypočítáno REBA skóre, podle něhož se určí jako v metodě RULA míra rizikovitosti práce a míra nutnosti zavedení opatření, jak je uvedeno v tabulce 13. [30,34]

REBA Employee Assessment Worksheet

Task Name: _____ Date: _____

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, Locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score
If load < 11 lbs.: +0
If load 11 to 22 lbs.: +1
If load > 22 lbs.: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Scoring
1 = Negligible Risk
2-3 = Low Risk. Change may be needed.
4-7 = Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
8-10 = High Risk. Investigate and Implement Change
11+ = Very High Risk. Implement Change

Table A: Neck, Trunk and Leg Scores

	Neck												
	1				2				3				
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B: Lower Arm Scores

	1						2					
Wrist	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1	1	2	2	1	2	3	3	4	5	4	5
	2	1	2	3	2	3	4	4	5	5	6	7
	3	3	4	5	4	5	5	6	7	8	7	8
	4	4	5	5	6	7	6	7	8	8	9	9
	5	6	7	8	7	8	7	8	8	9	9	9
	6	7	8	8	9	9						

Table C: Score A and Score B

Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Step 9: Locate Wrist Position:

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid range power grip, **good: +0**
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, **fair: +1**
Hand hold not acceptable but possible, **poor: +2**
No handles, awkward, unsafe with any body part, **Unacceptable: +3**

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score
+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Final Calculation:
Table C Score + Activity Score = REBA Score

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Obr. 10 REBA checklist [34]

Skóre	Závažnost nebezpečí
1	Zanedbatelné riziko, není potřeba žádné úpravy
2-3	Nízké riziko, je však vhodná úprava pracoviště
4-7	Střední úroveň rizika, nutná implementace opatření
8-10	Vysoká úroveň rizika, nutná rychlá implementace opatření
11-15	Vysoké riziko, nezbytná okamžitá náprava

Tab. 13 Úroveň rizika pro akci při vyhodnocení REBA metody [34]

6.5.3. OWAS

Vznik metody OWAS (Ovako Working posture Analysis System) se datuje k sedmdesátým rokům minulého století. Vznikla ve finském městě Ovako pro posuzování pracovní náročnosti v těžkém strojírenském průmyslu.

Metoda se používá pro klasifikaci nejběžnějších pracovních pozic; 4 různé pozice zad, 3 pozice paží, 7 poloh nohou a 3 kategorie manipulaci s břemenem, přičemž se zohledňuje jeho hmotnost. Příklad 3 kategorií paží je na obr. 11.

Vyhodnocováním těchto poloh dostaneme celkem 252 různých kombinací pozic a ty následně dělíme do 4 kategorií podle závažnosti rizika.

- Kat. 1 – přirozená pracovní pozice bez negativních zdravotních následků
- Kat. 2 – pracovní poloha, kde může docházet k poškození zdraví, není však nutná okamžitá úprava
- Kat. 3 – jasně prokazatelné negativní důsledky práce, doporučení změnit pracovní postup
- Kat. 4 – nutná okamžitá změna pracovní polohy / postupu pro zamezení vážného poškození zdraví [21,35]

Pozice rukou		Číslice kódu pozice
Obě ruce pod úrovní ramen		1
Jedna ruka nad úrovní ramen		2
Obě paže nad nebo na úrovni ramen		3

Obr. 11 Kategorie pozice rukou pro metodu OWAS [36]

6.6. Softwarové metody

Mezi nově využívané metody posuzování ergonomických rizik se řadí metody využívající software. Výhodou těchto metod je opět rychlost vyhodnocení, zaostávají však v zohlednění negativních vlivů prostředí. [37]

Modelovací software

Prvním uvedeným modelovacím softwarem pro vyhodnocení ergonomických rizik je **Delmia V5 Human**. Spočívá ve vymodelování digitálního pracovníka podle až stovky různých antropometrických proměnných. Pro vyhodnocení jednotlivých pracovních úkonů používá tento software metodu RULA. Dalšími funkcemi pak lze ovlivňovat pohodlí pracovníka, bezpečnost a pracovní výkon využíváním moderních posuzovacích metod. Zahrnuje také možnost zadání časového údaje – dobu trvání pracovní operace, frekvenci, změnu polohy. [38]

Tecnomatix Jack je dalším softwarem zaměřeným na posuzování ergonomie. Modelování spočívá v umístění biometrického modelu člověka do daného prostředí a přiřazení mu daného úkolu. Tento model je rozčleněn na jednotlivé segmenty, s nimiž lze různě pohybovat ve dvou až třech osách, čímž dosáhneme velkého množství různých poloh. Zároveň se s pohybem daného segmentu mění automaticky poloha ostatních souvisejících segmentů. Stejně tak lze využít funkce, kdy spojíme např. dlaň s obrobkem – pohybem obrobku se mění jak poloha dlaně, tak dalších souvisejících částí těla.

Mezi základní analýzy tohoto softwaru patří zobrazení zorného pole, pracovník, co modeluje díky tomu vidí, co by viděl model člověka. Dalšími analýzami je tracking pohybujícího se objektu a simulace možné kolize s pracovníkem, vyhodnocení dosahových vzdáleností aj. Základní balíček lze rozšířit různými nadstavbami, jako jsou analýza potenciálního zdravotního ohrožení nebo simulace vnitřního prostoru automobilu. [39]

Mimo modelovací software nachází v některých provozech uplatnění virtuální realita, např. Microsoft Kinect. [37]

7. TYCO ELECTRONICS CZECH

Tyco Electronics Czech s.r.o. , Kuřim (dále jen Tyco Electronics Czech) je výrobní podnik spadající pod mezinárodní společnost TE Connectivity. Společnost TE Connectivity se zabývá výrobou produktů z oblasti konektivity, z velké části pro automobilový průmysl. Momentálně zaměstnává téměř 100 tisíc lidí po celém světě a uspokojuje zákazníky ve 140 zemích světa.

Tyco Electronics Kuřim je jednou ze tří a zároveň největší výrobní lokací v České republice se silným postavením v rámci TE Connectivity obecně.

Tento výrobní závod se zaměřením na výrobu konektorové a kabelové techniky pro automobilový průmysl je rozdělen do jednotlivých středisek podle konkrétního charakteru produkce. Mezi tato oddělení patří oddělení:

- lisování kontaktů
- výroby plastových dílů vstřikováním
- montáže kabelových svazků
- mechatroniky
- HEMS (Hybrid and Electric Mobility Solutions)

a další. Vzhledem k mému uplatnění právě na středisku HEMS, budu dále směřovat pouze v rámci tohoto střediska. Na obrázku 12 níže je vyobrazena budova výrobního závodu.



Obr. 12 Logo společnosti TE Connectivity
[vlastní]



Obr. 13 Budova TYCO Electronics Kuřim [vlastní]

7.1. HEMS

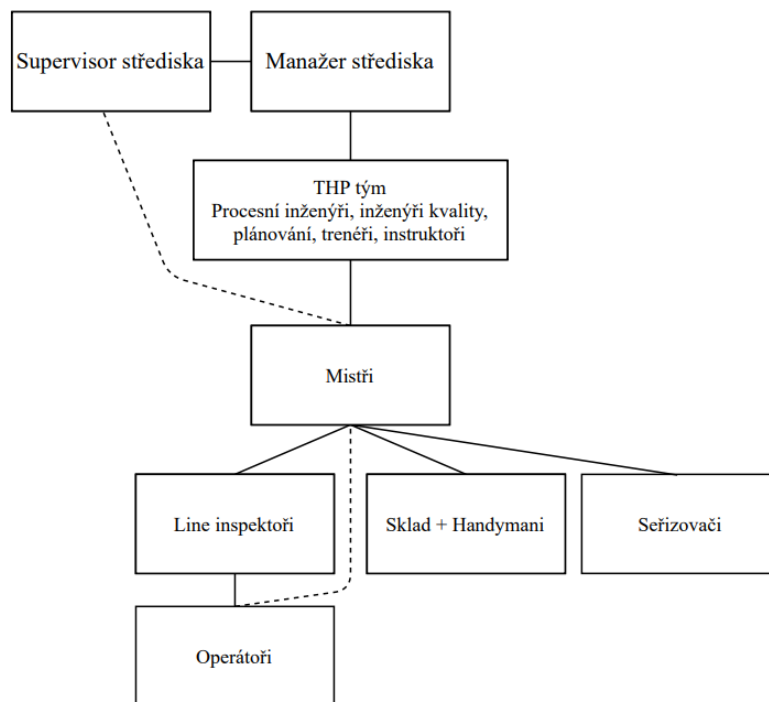
Výrobní oddělení HEMS se zabývá výrobou komponentů vstupujících do automobilů s čistě elektrickým nebo hybridním pohonem. Mezi portfolio produktů patří konektory, konektorové vysokonapěťové kabely, charger inlety („rozhraní pro nabíjení“) a další. Rovněž zde probíhá výroba kontaktů, které se dále zpracovávají jinými středisky či jinými výrobními závody v rámci TE. Ukázka produktů je v obrázku níže.



Obr. 14 Produktové portfolio střediska HEMS – vlevo dole různé typy charger inletů, ostatní vysokonapěťové konektory [vlastní]

7.1.1. Struktura střediska

HEMS je nevelké výrobní středisko s následující organizační strukturou.

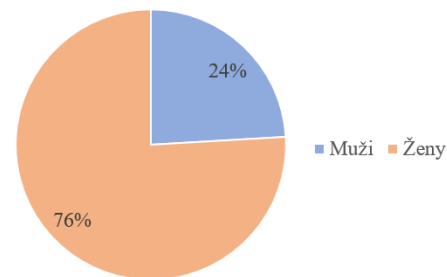


Obr. 15 Organizační struktura střediska HEMS [vlastní]

Organizační struktura není jednoznačná, protože každý inženýr kvality, procesní inženýr či plánovač má svého nadřízeného v rámci celého závodu, nikoliv střediska.

Na středisku, stejně jako na všech ostatních, se uplatňuje dvanáctihodinový směnný režim se dvěma půlhodinovými přestávkami. Celkem se takto střídají 4 směny ve stálém složení přibližně 55 operátorů na každé z nich. Obrázek 15 graficky znázorňuje poměr operátorů dle jejich pohlaví. Pracovní přestávky jsou rozvrženy na základě kapacity tzv. denní místnosti.

Poměr operátorů na směně



Obr. 16 Poměr operátorů dle pohlaví [vlastní]

Přehled dopoledních přestávek je v tabulce 14. Toto rozvržení přestávek bere v potaz také nepříznivou epidemiologickou situaci, kdy se tímto alespoň částečně zamezuje střetávání většího množství osob.

Úkolem operátorů je výroba produktů při dodržování výrobních norem, pracovního postupu a průběžných kvalitativních kontrol produkce.

Na směně dále figurují 4 line inspektorky, kdy každá má na starost dané výrobní linky, resp. operátory. Úkolem LI je instruktáž operátorů a dohled nad správností vykonané práce, případné posuzování kvality v případě nesrovnalostí ve výrobě.

Začátek	Konec	Projekty / pracoviště
10:00	10:30	HVP, TSK
10:15	10:45	Calsonic, HV, FPC
11:00	11:30	ESD
11:15	11:45	Pravá polovina haly

Tab. 14 Rozvrh prvních pracovních přestávek [vlastní]

Distribuce vstupních komponentů na výrobní linky a odbavování krabic, potažmo palet s hotovými výrobky mají na starost handymani. Operátorovi tímto odpadá povinnost orientace ve skladu, zodpovědnost za správné vyskladnění komponentů a jeho činnost se omezuje čistě na výrobu v rámci výrobní linky.

Vedle sériové výroby je součástí střediska i tzv. Sample shop, který produkuje vzorky a prototypy pro zákazníky v automobilovém průmyslu. Zde pracuje přibližně 10 operátorů v rámci osmihodinových ranních směn.

Zázemí zaměstnanců je v souladu s platnými požadavky. Množství jak toalet, tak sprch odpovídá vzhledem k počtu zaměstnanců platným nařízením. Samozřejmostí je pro zaměstnance dostupnost vlastního botníku a skříňky v šatně, přístup do jídelny s lednicemi a mikrovlnkami a možnost závodního stravování v jídelně umístěné v areálu.

Výrobní hala má celkové rozměry přibližně 90 x 25 m, přičemž 37 procent zaujímají kancelářské prostory a zázemí včetně skladu. V celé výrobní hale je povinnost, vyjma zvláště vyznačených pracovišť, nosit ochranné brýle (zaměstnanci používající dioptrické brýle mají po určitém odpracovaném období nárok na zhotovení ochranných dioptrických brýlí) a ochrannou obuv s pevnou špičkou. Při práci pak přibývá povinnost použití textilních rukavic, záleží však na jednotlivé vykonávané práci.

Hala působí velmi vzdušně (výška stropu 7 m) a organizovaně. Barevně je výrobní hala laděna do světlých nevýrazných barev – podlaha, strop a některé stěny jsou světle šedé, jinak jsou stěny bílé. Cesty k jednotlivým pracovištím jsou zřetelně vyznačeny žlutou páskou, v místech, kde by mohlo hrozit nezaviněné střetnutí lidí jsou instalovaná vypouklá zrcadla. Srážka s vysokozdvížným vozíkem nehrozí, veškerá distribuce materiálu po hale je totiž realizována handymany s paletovými vozíky.

Levá strana haly disponuje okny, s nalepenými foliemi pro snížení intenzity světla (technologický požadavek výroby). Optimální intenzita světla je doplněna umělým světlem prostřednictvím zářivek a halogenových lamp u stropu haly, jednotlivá pracoviště pak zpravidla mají dodatečný umělý světelný zdroj přímo nad pracovním místem. Světlíky se zde nenacházejí. Osvětlení v hale je dostačující a nijak neoslňuje.

Hluk na pracovištích splňuje hygienické limity a nenachází se zde žádné pracoviště, které by vyžadovalo použití OOPP redukcujících hluk. Rovněž se zde nepoužívají sirény pro oznamování přestávek, ani zvukové sdělovače. Teplota na hale se pohybuje okolo 21 °C a ani v teplých letních dnech se nijak výrazně nezvyšuje; což zcela vyhovuje charakteru prováděné práce. Prostory haly jsou při stropu vybaveny odtahy zajišťujícími kontinuální výměnu čerstvého vzduchu.

7.2. POSUZOVANÁ VÝROBNÍ LINKA

Vzhledem k tomu, že velká část asembláží spočívá v minimálně jednom svém výrobním kroku v lisování např. kontaktů do plastového tělesa (housingu), vyskytuje se ve výrobě velké množství různě modifikovaných pákových ručních lisů. V praktické části mé diplomové práce se zaměřím na pracoviště, kde se jich využívá hned několik.

Pro vhodnou selekci míst, které jsou pracovníky vnímány jako nedostatečně ergonomické, jsem použil dotazovací metodu. Nejdříve jsem vznesl dotaz na procesní inženýry, kteří

zodpovídají za zvolený pracovní proces, cyklus časy a vybavení výrobní linky. Dalším krokem bylo dotazování LI, které mají k operátorům vzhledem k jejich náplni práce nejbliž a v neposlední řadě také samotných operátorů. Tímto jsem získal relativně objektivní informace a po analýze jednotlivých výpovědí jsem definoval následující výrobní linku jako tu, kterou se budu zabývat.

Cílem praktické části je posouzení výrobní linky z hlediska ergonomie, definování jejích slabých míst s následným návrhem na zlepšení současného stavu.

7.2.1. Asemblážní linka HVP 800 plug

Pro vyhodnocení v rámci praktické části diplomové práce jsem zvolil asemblážní linku HVP 800 plug. Kritérií, které vedly ke zvolení právě této linky, bylo hned několik:

Historie

Tato linka nebyla vyvinuta na výrobním středisku HEMS, ale byla transferována z jiného střediska. Původní design byl vytvořen pro práci ve stoje, nicméně poté, co prošla drobnými úpravami, probíhá pracovní činnost v poloze vsedě.

Vytiženost

Středisko HEMS zahrnuje velké množství rozmanitých výrobních linek, přičemž některé jsou denně modifikovány pro produkci specifických výrobků. V případě linky HVP 800 plug hovoříme o lince, jež je stálý highrunner (linka s téměř nepřetržitou produkcí).

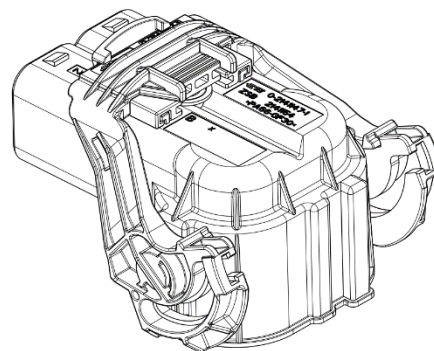
Budoucnost

Vzhledem k rostoucímu trhu s elektromobily, potažmo s automobily s hybridním pohonem, poptávka po vysokonapěťových konektorech stoupá. Pro uspokojení zákazníka i v budoucnosti je nezbytné zvýšení objemu výroby až na trojnásobek.

Koncept vysoce automatizované linky pro produkci těchto komponent je reálný a návrh včetně implementace je termínován k létu 2023. Do té doby je však potřeba zvýšit momentální objem výroby, proto je pro rok 2021 naplánovaná její triplikace, přičemž nové linky budou téměř zcela vycházet z konceptu linky současné.

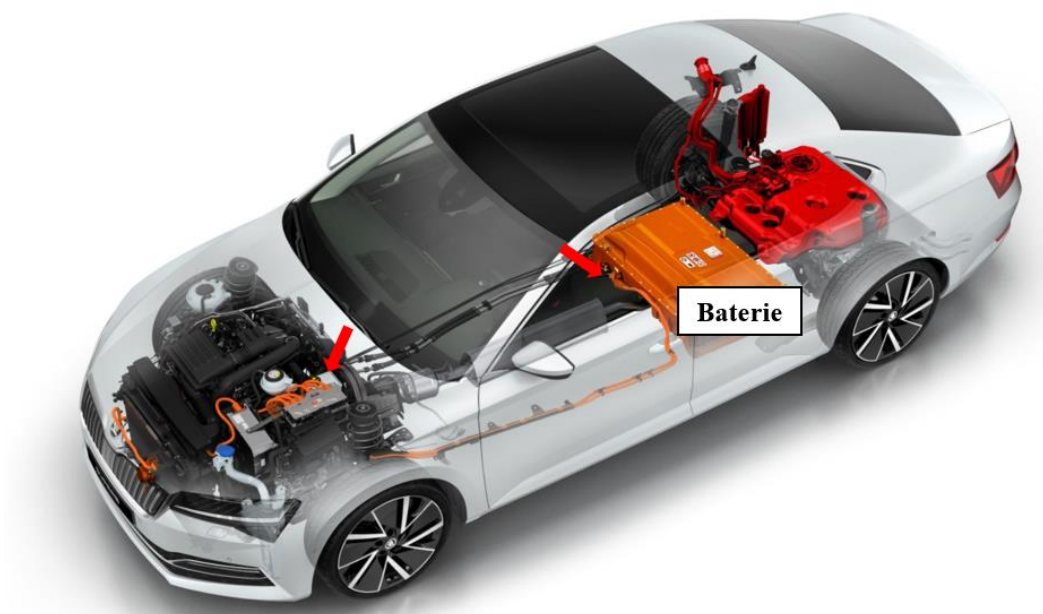
7.2.1.1. HVP 800 plug

Produktem vycházejícím z této asemblážní linky, jejíž layout je zobrazen na obr. 16, je HVP 800 plug. Jedná se o dvoupozicový vysokonapěťový (HVP – high voltage power) konektor využívaný v elektromobilu, resp. automobilu s hybridním pohonem, jako spojovací prvek v místech, kde teče stejnosměrný proud. Příkladem takového místa je spojení baterie s kabely nabíjecího rozhraní nebo spojení baterie s konvertorem proudu. Obrázek 17 ukazuje konektor typu 1154.



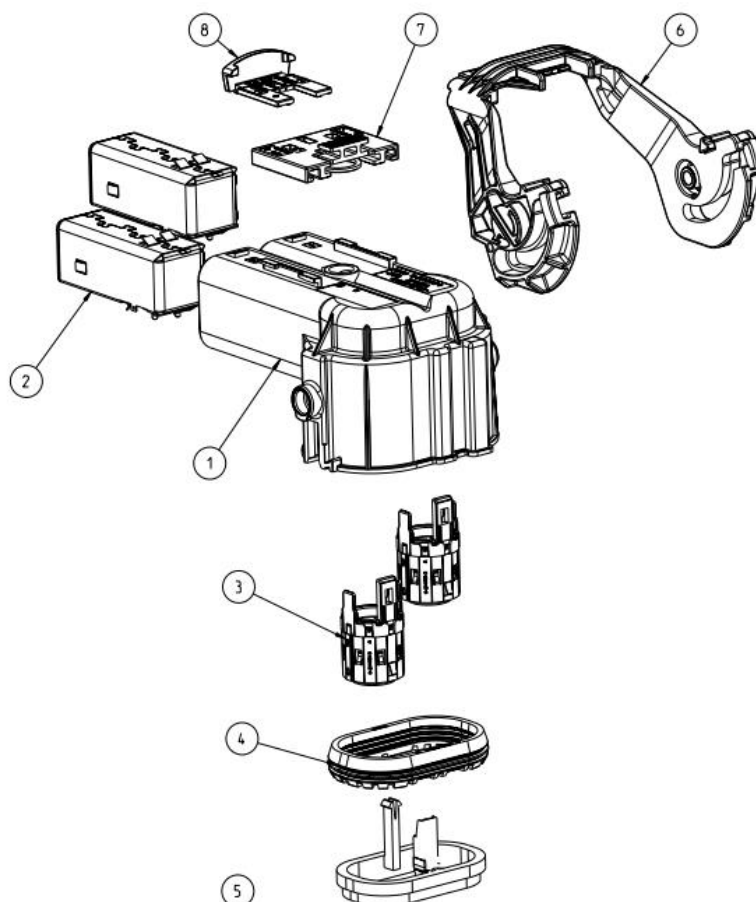
Obr. 17 HVP 800 plug, typ 1154 [vlastní]

Umístění tohoto konektoru v modelu automobilu Škoda Superb iV je na obr. 18.



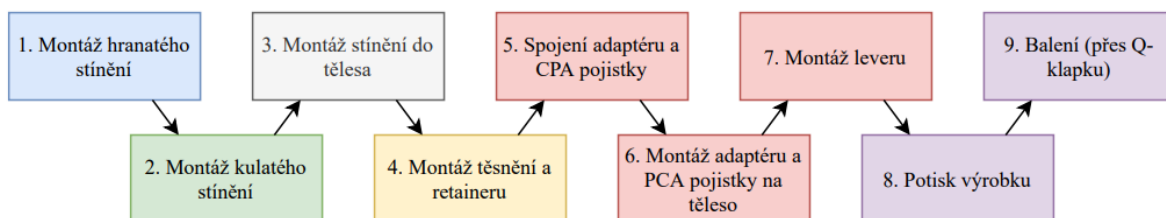
Obr. 18 Umístění HVP 800 plug, vyznačeno červenými šipkami [vlastní]

Do procesu výroby konektoru pak vstupují následující komponenty, viz. obr. 19. Komponenty 2 (hranaté stínění) a 3 (kulaté stínění) samy sestávají ze dvou subkomponentů (plechové stínění + plastová izolace). Jejich montáž je taktéž realizována v rámci této výrobní linky.



Obr. 19 Rozpad konektoru 1154 na jednotlivé komponenty: 1 - housing (těleso), 2 – hranaté stínění, 3 – kulaté stínění, 4 – těsnění, 5 – retainer, 6 – lever, 7 – adaptér, 8 – CPA pojistka [vlastní]

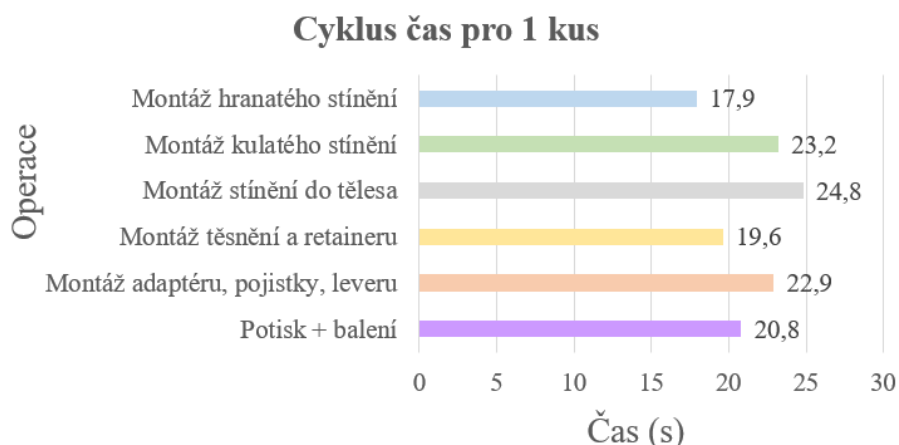
Pro nejlepší porozumění výrobního procesu bude vhodné použít tok procesu na obr. 20. Barevně jsou potom odlišeni jednotlivé operátoři. Jednotlivé výrobní kroky včetně kvalitativních kontrol jsou popsány níže.



Obr. 20 Tok výrobního procesu [vlastní]

Měřením byl vyzkoušen cyklus čas pro jeden kus průměrně 129 sekund. Pomyslným bottleneckem je operace montáž stínění do tělesa, trvající průměrně 24,8 sekund, nejrychlejší operací s časem 17,9 sekund je potom montáž hranatého stínění. Montáž obou stínění má cyklus čas naměřený pro dva kusy s ohledem na to, že právě tyto podsestavy vstupují do finálního produktu v páru.

Současná hodinová norma je 122 ks/hod, přičemž první a poslední pracovní hodinu nebývá norma dodržena pro rozjezd linky, resp. úklid linky a vypsání metrik.



Obr. 21 Cyklus časy jednotlivých operací (pro 1 kus) [vlastní]

Montáž hranatého stínění – nasunutí plastové izolace na horní část lisu, zasazení plechového stínění do spodní části lisu. Obouručním ovládáním zalisovat dohromady, uvolnění kusu z lisu zatažením aretačního kolíčku.

- Vizuální kontroly správné orientace založení obou komponent, po zalisování kontrola zamykacích zobáčků.

Montáž kulatého stínění – nasunutí plastové izolace na horní část lisu, zasazení plechového stínění do spodní části lisu. Obouručním ovládáním zalisovat dohromady. Vyjmout z lisu uchopením za plastovou izolaci při současném pozvednutí horní části přípravku lisu.

- Vizuální kontroly správné orientace založení obou komponent, po zalisování kontrola zamykacích zobáčků.

Montáž stínění do tělesa – trny automatického lisu osadit hranatými a kulatými stíněními, do spodní části pod trny založit těleso. Obouručními tlačítky spustit automatický lisovací proces. Po signalizaci rozsvícením zeleného tlačítka (sdělovače) vyjmout kus.

- Vizuální kontrola „punchmarku“ po úspěšné operaci.

Montáž těsnění a retaineru – na jednotlivé pozice horizontálního pojezdu založit komponenty, založit těleso do finální pozice přípravku lisu. Kontrola správného založení jednotlivých komponent na displeji. V případě, že jsou komponenty založeny správně, posunout spodní pojezd do pozice pro nasazení těsnění do tělesa a nasazení použitím obouručního lisu.

Po nasazení těsnění se uvolní pojezd pro posun do druhé pozice pro zalisování retaineru. Obouručním ovládáním zalisovat retainer do tělesa.

Po zalisování retaineru do tělesa se pojezd znovu uvolní a umožní, obouruční nasunutí sestavy na kontrolní přípravek.

Po nasunutí sestavy na přípravek vyčkat v dolní pozici na rozsvícení zeleného světla, signalizujícího OK kus.

Spojení adaptéru a CPA pojistky, montáž na těleso – červenou pojistku ručně spojit s adaptérem zacvaknutím do „prvních“ otvorů adaptéru. Poté adaptér s pojistkou nasadit do

horní části lisu; do spodní části lisu založit těleso. Pohybem páky dolů přitlačit adaptér s pojistkou na těleso. Horní páku lisu držet ve spodní poloze a pohybem dolní páky tak a zpět nasunout pojistku na těleso.

Montáž leveru – do spodního přípravku založit sestavu tělesa, do horního přípravku založit lever. Levou rukou pak nasunout extendor na těleso. Obouručním ovládáním lisu sjet leverem dolů a použitím extendoru jej nasunout na těleso. Po nasunutí leveru držet páku ručního lisu dole a levou rukou odsunout extendor z tělesa.

- Vizuální kontrola po nalisování komponent, komponenty bez poškození (prasklin).

Potisk výrobku – před založením kusu do stanice vizuálně zkontrolovat docvaknutí leveru a pojistky do finální pozice. Kus založit do šuplíku a šuplíkem zajet do testeru. Startovacím tlačítkem spustit testovací proces. Pokud je kus OK, signalizace rozsvícením zeleného tlačítka (sdělovače) umožní vysunutí šuplíku.

- Vizuální kontrola čitelnosti datakódu.

Balení (přes Q-klapku) – po OK výsledku testu předchozí operace se otevře tzv. Q-klapka, speciální nadstavba na operaci balení. Skrze Q-klapku vložit těleso do krabice s mřížkovým prokladem. Celkem takto zabalit 3 vrstvy po 8 kusech – celkem 24 kusů na jedno balení.

8. ANALÝZA SOUČASTNÉHO STAVU PRACOVÍŠTĚ VÝROBNÍ LINKY

Současný stav pracoviště je vyhodnocen vhodnými ergonomickými checklisty s doplněním ergonomickým auditem s ohledem na hodnoty z Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Vzhledem k tomu, že je každé pracoviště linky výjimečné, budou vyhodnocovány jednotlivě.

8.1. Analýza ergonomickými checklisty

Ergonomické checklisty, které jsou využívány pro hodnocení současného stavu pracoviště, byly zvoleny s ohledem na charakter práce z publikace *Ergonomické checklisty a nové metody*, publikované Státním zdravotním ústavem roku 2007. Autorkami této publikace jsou MUDr. Jana Hlávková a Mgr. Alena Valečková.

Prvním checklistem, který jsem zvolil, je *Checklist pro základní ergonomická rizika*. Charakterem otázek formuje ideální základní přehled o stavu pracoviště. Otázky zohledňují parametry pracovního místa, používání OOPP, monotónnost práce, zrakovou zátěž spojenou s prací a rizikové faktory prostředí.

Checklist pro uspořádání pracovního místa hodnotí variabilitu pracovního místa pro různé pracovníky; zda jednotliví pracovníci mají možnost uzpůsobení pracoviště do jisté míry individuálně.

Dalším použitým checklistem je *Checklist pro základní ergonomické hodnocení pracovního místa s ohledem na onemocnění pohybového aparátu*.

Jednotlivé vyplněné checklisty jsou potom obsahem přílohy 1.

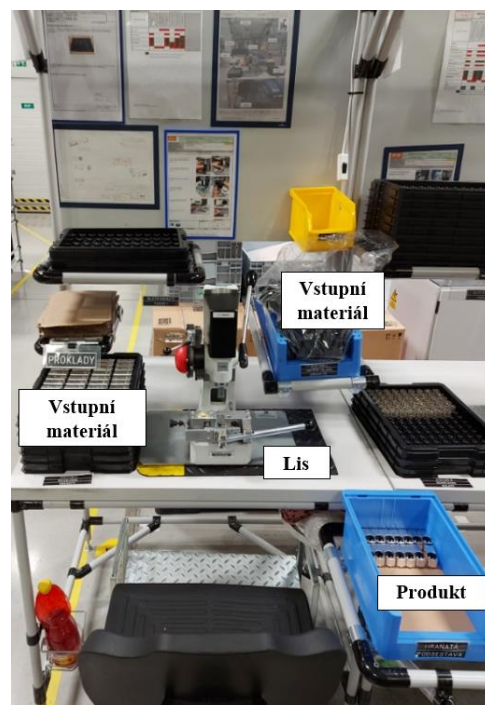
8.1.1. Vyhodnocení současného stavu jednotlivých pracovišť

Pracoviště montáže hranatého stínění

V rámci tohoto pracoviště se jedná o velmi monotónní práci s velkým vynakládáním repetitivních pohybů (244 / hod). Práce navíc probíhá ve vnuceném pracovním tempu, dána hodinovou normou a faktem, že výstupní komponent vstupuje do další výrobní operace realizované na dalším pracovišti. Při natahování se do krabičky s plastovými komponenty a při úchopu madla lisu se pravá ruka dostává do nefyziologické polohy, kdy je loket na úrovni ramene. Vynakládané síly jak pro manipulaci s komponentem, tak pro samotný krok lisování, jsou minimální.

Pracovní místo, resp. jeho uspořádání či charakter práce neumožňují ani částečnou oporu paží. Stejně tak není možné střídání rukou při práci, vzhledem k tomu, že práce probíhá oběma rukama současně. Využívané OOPP jsou ochranné brýle a bezpečnostní obuv. Rukavice se při práci nepoužívají. Stínění jsou vyrobená z tenkého stříhaného plechu, nicméně jeho hrany nejsou ostré tak, že by hrozilo poranění.

Dosahové vzdálenosti nejsou zcela vyhovující. Madlo páky ručního lisu se nachází 53 cm od hrany stolu – operátor jej pro jeho vzdálenost nevyužívá a lisování provádí držením páky v kratší dosahové vzdálenosti. Musí tím vyvíjet větší sílu, nicméně ta je i přesto velmi nízká. Pro uchycení stínění ve spodním přípravku lisu je nutné jeho přitlačení pomocí horizontální páky. Při pohybu páky se její madlo dostane do polohy 1 cm od hrany stolu, což je příliš malá vzdálenost pro vhodnou manipulaci.

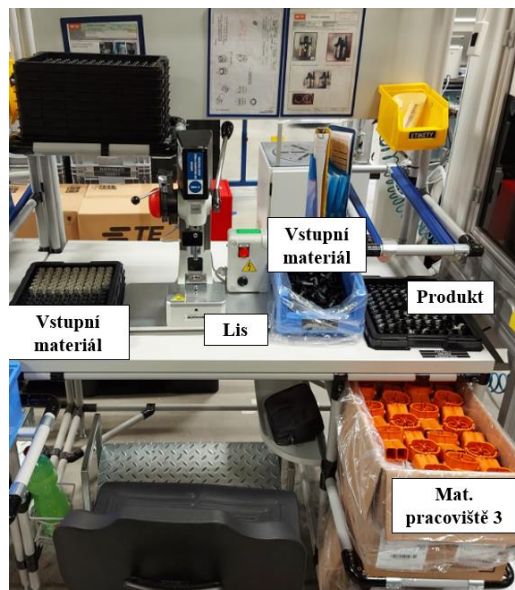


Obr. 22 Pracoviště montáže hranatého stínění [vlastní]

Pracoviště montáže kulatého stínění

V rámci tohoto pracoviště se jedná o velmi monotónní práci s velkým vynakládáním repetitivních pohybů (244 / hod). Práce navíc probíhá ve vnuceném pracovním tempu, dána hodinovou normou a faktem, že výstupní komponent vstupuje do další výrobní operace realizované na dalším pracovišti. Při úchopu madla lisu se pravá ruka dostává do nefyziologické polohy, kdy je loket na úrovni ramene a ruka je natažená. Vynakládané síly jak pro manipulaci s komponentem, tak pro samotný krok lisování, jsou minimální.

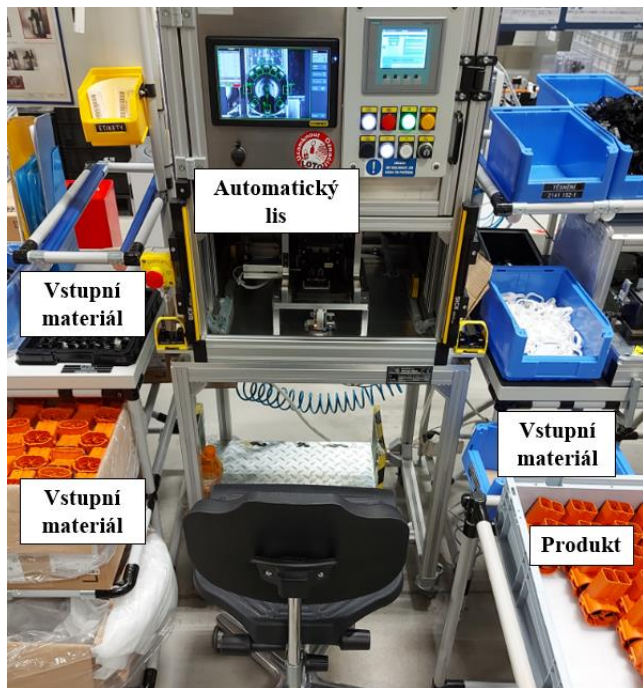
Charakter práce neumožňuje oporu rukou ani jejich střídání, protože probíhá současně oběma rukama.



Obr. 23 Pracoviště montáže kulatého stínění [vlastní]

Pracoviště montáže stínění do tělesa

Stejně jako u předchozích pracovišť, práce je velmi monotónní, ve vnuceném tempu a využívá velkého množství repetitivních pohybů (122 / hod). Pracoviště je částečně automatizované, úkolem operátora je pouze správně založit vstupní komponenty do určených přípravků a obouručními jednorstovými tlačítky spustit lisovací operaci. Vyhodnocení „úspěchu“ této operace je sděleno sdělovači, které nemají vhodné umístění. Pro jejich kontrolu je nutné zaklonění hlavy – jejich pozice je pro práci vsedě příliš vysoko.



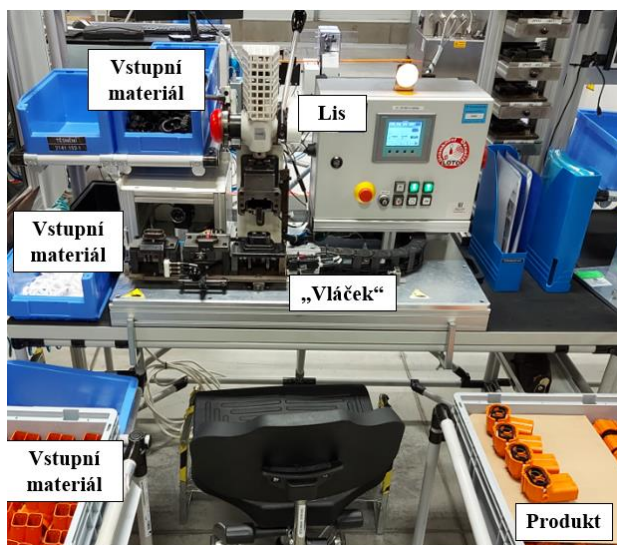
Obr. 24 Pracoviště montáže stínění do tělesa [vlastní]

Na rozdíl od ostatních pracovišť, možnost individuálního uzpůsobení pracoviště je trochu nižší než v případě jiných pracovišť – kde lze nastavovat výšku stolu. Uzpůsobovat lze pouze výšku pracovního sedadla a podnožky. Design automatického lisu nezahrnuje žádný stůl, kde by si mohl pracovník opřít ruce, takže po založení komponent, během průběhu automatického zalisování, si může pracovník odložit ruce do klínu, na kolena apod.

Vstupní komponenty jsou umístěny v dosahových vzdálenostech po stranách od pracovníka. Tělesa jsou umístěna v krabici v několika vrstvách, přičemž

pokud pracovník vytahuje kusy z nejspodnějších vrstev, je nutný úklon do strany.

Pracoviště montáže těsnění a retaineru



Obr. 25 Pracoviště montáže těsnění a retaineru
[vlastní]

Stejně jako u předchozích pracovišť, práce je velmi monotónní, ve vnuceném tempu a využívá velkého množství repetitivních pohybů (122 / hod). Co do dosahových vzdáleností, operátor musí natáhnout paži do plného napnutí před sebe, přičemž loket je na úrovni ramene, aby dosáhl na komponenty. Narozdíl od předchozích pracovišť, vyskytuje se zde i zraková zátěž, při umístění těsnění na přípravek. Jeho poloha je přesně definována jeho drážkami a barevným proužkem na přípravku. Těsnění je navíc lubrikované, lubrikant se přenáší na ruce, takže i samotné madlo lisu je potom kluzké. Tato lubrikace je však nezbytná

z hlediska výrobního procesu.

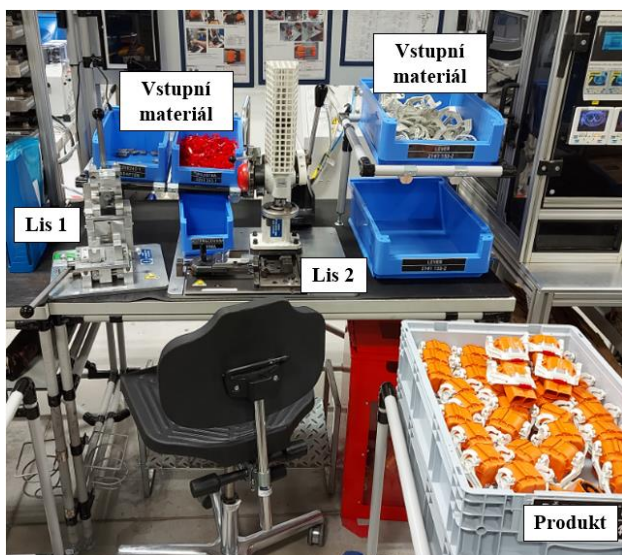
Pracoviště neumožňuje změnu uspořádání na základě tělesných parametrů operátora. Lis i jeho součásti jsou pevně uchyceny u stolu. Stejně tak práce nenabízí možnost opory rukou, jak svým charakterem, tak prostorovým řešením pracoviště. Každá ruka má ve většině výrobních krocích jasně definovanou úlohu, takže jejich střídání je možné pouze minimálně. Pracoviště disponuje sdělovači, které jsou umístěny napravo od operátora a pro zachycení informace jimi poskytované musí operátor otočit hlavu doprava. Dochází také k lehké rotaci trupu při „natahování se“ pro vstupní komponent – těleso. Vozík, na němž jsou tělesa umístěna, má opačný sklon takový, že postupně sklouzávají dál od ideální dosahové vzdálenosti.

Přední páka spodního přípravku lisu, kterou se postupně pohybuje do tří lisovacích poloh, vyčnívá před hranu stolu, takže operátor má současně vstupní komponenty příliš daleko a horizontální páku příliš blízko.

Operátor pro své pracovní pohodlí střídá pracovní polohu sedu a stoje a pro vysoké množství vykonávaných pohybů pociťuje zvýšené teplo.

Pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru

Stejně jako u předchozích pracovišť, práce je velmi monotónní, ve vnuceném tempu a využívá velkého množství repetitivních pohybů (122 / hod). Dosahové vzdálenosti na pracovišti nejsou ideální, operátor musí obě paže zcela natáhnout (v případě nižšího vzrůstu se i předklonit), aby dosáhl na vstupní komponenty adaptér a pojistku, přičemž pojistku uchopuje špetkovým úchopem. Samotná asembláž pojistky do adaptéru je zrakově náročnější, je nutné



Obr. 26 Pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru [vlastní]

dbát správné vzájemné orientace komponent a dosažení správné finální pozice. Na pracovišti se nachází dva různé lisy, jeden pro montáž podsestavy adaptér-pojistka na těleso, druhý pro montáž leveru na těleso. Pro vhodnou pracovní polohu při práci na každém z nich je nutný posun na kolečkové židli, jinak by docházelo k výkonu práce při poloze trupu v rotaci.

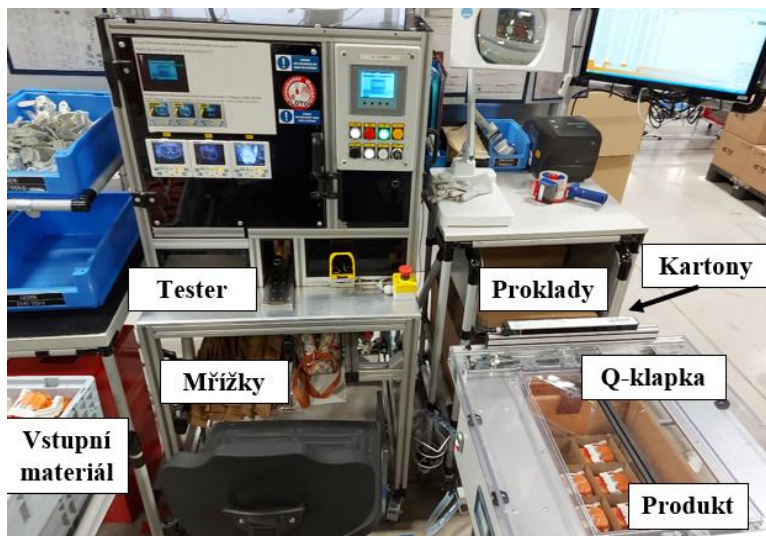
Pracovní místo ani charakter práce neumožňují záměnu paží pro jednotlivé pracovní úkoly, ani jejich částečnou oporu. Většinu pracovního prostoru stolu zabírají lisy. V případě levého lisu, jeho páka pro horizontální posun zasahuje přes

hranu stolu.

Po dokončení pracovní operace je se hotový kus odkládá do KLT boxu na vozík po pravé straně a vzhledem k jistému objemu rozpracované výroby, pro jeho uložení musí pracovník mnohdy otočit trupem.

Pracoviště potisk + balení (přes Q-klapku)

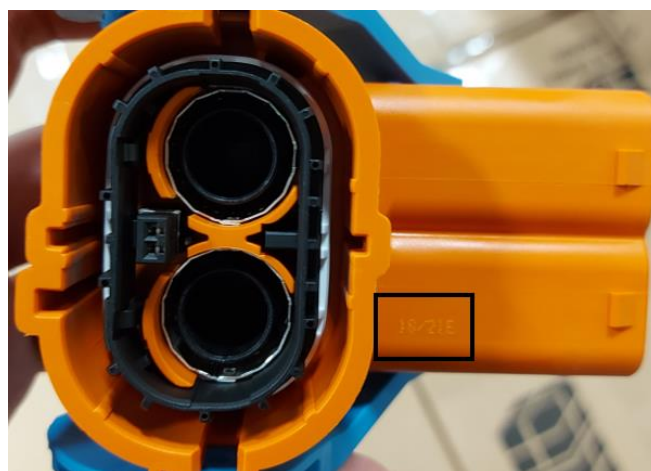
Posledním pracovištěm zkoumané výrobní linky je pracoviště potisku (EOL test) a balení hotového kusu přes tzv. Q-klapku, viz. obr. 27. Ač je na obrázku lupa s osvětlením, na pracovišti se nevyskytuje stabilně a pro její umístění není využívána. Práce probíhá ve vnuceném tempu, na rozdíl od všech předchozích operací je však z mého pohledu méně monotónní. Po založení kusu do testeru s potiskovačkou následuje jeho uložení do kartonové krabice přes Q-klapku. Potisk je viditelný na obr. 28.



Obr. 27 Pracoviště potisk + balení [vlastní]

Q-klapka (obr. 29) je nově implementované zařízení, které má zabránit vložení kusu bez předchozího otestování do balení. Jedná se o nadstavbu na krabici, která se otevře jen v případě, že obdrží z testeru OK výsledek EOL testu.

Snížení monotónnosti spočívá v různorodosti úkolů operátora. Jedno balení obsahuje 24 kusů, celkem ve 3 vrstvách po 8. Operátor musí tedy co přibližně 4 minuty vstát, vložit do krabice proklad s mřížkou a až poté pokračovat v testování. Co 12 minut potom vytáhne plnou krabici z Q-klapky, zalepí a umístí na paletu. Následuje složení nové krabice, založení do Q-klapky a testování kusů do nejnížší vrstvy. Právě při ukládání hotových kusů do spodní



Obr. 28 Vygravírovaný potisk kusu [vlastní]

vrstvy balení, se musí pracovník otočit a natáhnout, aby přes rozměry Q-klapky dosáhl do spodní pozice. Dosahová vzdálenost tedy není vhodná.

Dalším problémem je zvýšená zraková zátěž. Ta ani tak nespočívá v kontrole kompletnosti kusu a absence jakýchkoliv poškození, jako spíš v kontrole vyraženého potisku. Ten je vygravírován a jeho čitelnost a správnost údajů musí být kontrolována na každém kuse. Přes tuto zrakovou náročnost, pracoviště nedisponuje ani lupou, ani dodatečným osvětlením.

Při práci lze částečně, resp. při některých operacích, střídat ruce. Sdělovače jsou umístěny vpravo nahoře od operátora, je nutné mírné zaklonění hlavy pro odečtení sdělované informace.



Obr. 29 Q-klapka [vlastní]

8.2. Ergonomický audit

Pro odhalení nedostatků jednotlivých pracovišť použiju paralelně s ergonomickými checklisty také metodu ergonomického auditu. S ohledem na pracovní polohu vsedě pro všechna pracoviště zvolené výrobní linky, směřuji ergonomický audit pro hodnocení právě této pracovní polohy včetně hodnocení prostoru pro dolní končetiny. Vedle parametrů úzce spjatých s pracovní polohou neopomím také ostatní ergonomická kritéria, jakými jsou plocha pracoviště a pracovní rovina. Výsledky měření v tabulkách pro jednotlivá pracoviště jsou v příloze 2.

8.2.1. Vyhodnocení ergonomického auditu

Tabulka 15 ukazuje formou OK/NOK výsledek jednotlivých parametrů posuzovaných v rámci ergonomického auditu.

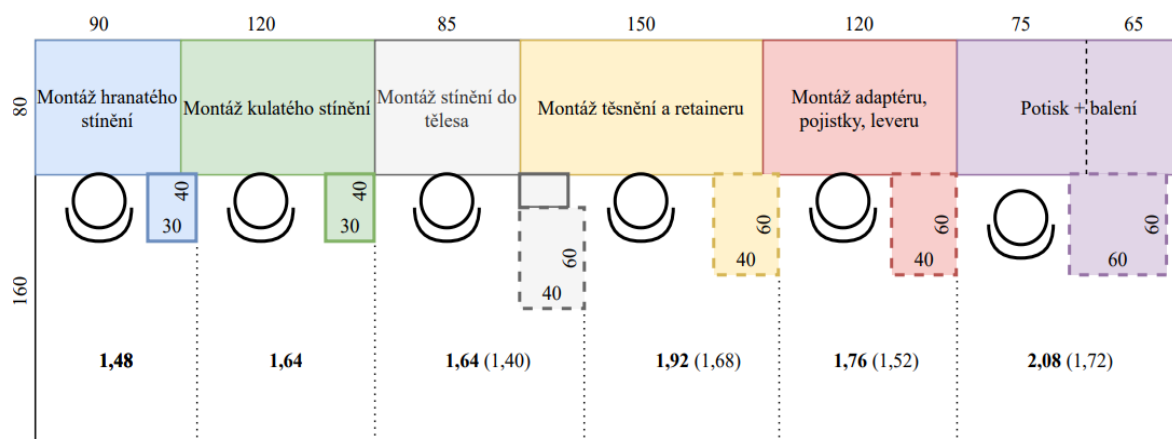
Vyhodnocení ergonomického auditu	Montáž hranatého těsnění	Montáž kulatého těsnění	Montáž stínění do tělesa	Montáž těsnění a retainru	Montáž adaptéru, pojisky a levu	Potisk + balení
Světlá výška prostoru určeného pro práci	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Podlahová plocha	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK
Výška pracovní roviny nad sedákem	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK
Výška sedáku nad podlahou	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Šířka sedáku	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Hloubka sedáku	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Výška prostoru pro dolní končetiny	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Šířka prostoru pro dolní končetiny	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Hloubka prostoru pro dolní končetiny	OK	OK	OK	OK	OK	NOK
Výška nožní opěrky	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Tab. 15 Vyhodnocení ergonomického auditu [vlastní]

Linka, jak je vidět v „layoutu“ na obr. 28, zabírá na množství šesti operátorů na první pohled málo místa. Proto jsem jako jeden

z parametrů pro vyhodnocení ergonomického auditu zvolil podlahovou plochu pro jednoho zaměstnance. Ta je definována pro trvalou práci o rozloze minimálně 2 m². Do této plochy se nepočítají stabilní provozní zařízení (stůl) a spojovací cesty. Šířka pro pohyb pak nesmí klesnout pod rozměr jednoho metru.

V rámci naměřených hodnot shledávám všechna, vyjma posledního, pracoviště jako nevyhovující. Naměřené, resp. vypočítané rozměry podlahové plochy lze vidět na obr. 30. Stabilní zařízení jsou do prostoru vyznačeny plnou čarou. Nestabilní zařízení jsou poté vyznačeny přerušovaně a patří mezi ně dolly vozíky na kolečkách pro ukládání materiálu a Q-klapka, která je rovněž opatřena kolečky pro mobilitu. Prostor v metrech čtverečních je v obrázku zaznamenán tučně, v závorce jsou poté rozměry volné podlahové plochy, když bychom považovali vozíky s materiálem za fixní prvky pracovního prostoru. Rozměr, kdy bych hodnotil mobilní dolly vozíky s materiálem jako fixní prvky pracoviště, považuji za více směrodatný, protože bez jejich přítomnosti v podstatě nejde související pracovní činnost vykonávat.



Obr. 30 Prostorové parametry jednotlivých pracovišť (rozměry pracovišť a prvků v cm, podlahová plocha v m²) [vlastní]

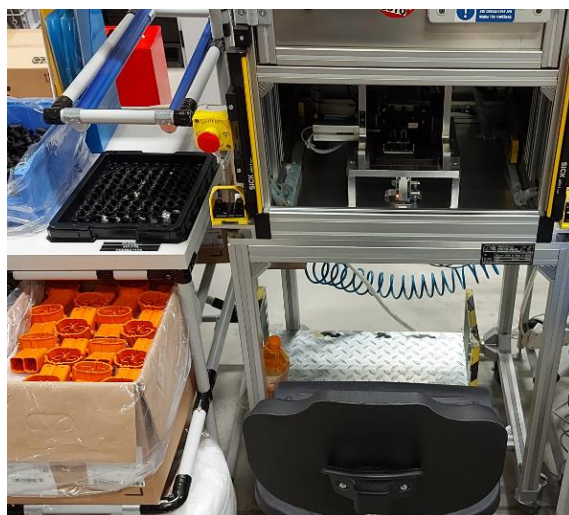
Ani jedno z šesti pracovišť nemá podle Nařízení vlády vyhovující výšku sedadla. Standardní výška stolu pro práci vsedě je v kapitole 4 definovaná výškou manipulační roviny 70 cm pro muže a 65 cm pro ženy. V případě této výrobní linky jsou využívány stoly o výšce 80 cm, přičemž manipulační rovina je v některých případech až 10 cm nad rovinou stolu. Výšce stolů je tedy uzpůsobena i výška sedáku pracovních židlí. Ty mají nastavitelnou jak výšku sedadla, tak úhel zádové opěrky. Výšku sedadla si nastaví pracovník dle své individuální potřeby, v případě měřených hodnot se výška sedáku pohybovala okolo 60 cm pro ženy s výškou přibližně 170 cm. Sedák židle na třetím pracovišti, tj. na pracovišti lisování stínění do tělesa, byl ve výšce 57 cm z důvodu, že operátorem byl muž vysoký 185 cm. Výška sedáku nad podlahou se tedy značně vyjímala nad horním limitem doporučené hodnoty 45 cm, nicméně nelze jednoznačně označit židle za nevyhovující. Každé pracoviště oplývá vhodnou podložkou na nohy, jejíž výška je nastavitelná a umožňuje pracovníkům pohodlné opření chodidel. Další parametry sedáku, jako hloubka a šířka, se pohybují v těsné blízkosti doporučených rozměrů. Sedadla tedy nelze považovat za nevhodná.

Problémem by šla rozumět výška pracovní roviny nad sedákem. Výška stolu odpovídá, ale jako pracovní rovinu definuji rovinu, v níž se odehrává většina pracovních pohybů, příkladem uvedu obě pracoviště pro montáž stínění – na stole je umístěn lis, jehož spodní přípravek pro zakládání komponentu je ve výšce o přibližně 10 cm výš než rovina stolu. Stejně tak vstupní materiál – je umístěn buď v trayích, v několika vrstvách, že horní vrstvy jsou nad limitem pro pracovní rovinu, nebo v krabičkách, kdy v případě pracoviště lisování hranatého stínění je umístěna 14 cm nad rovinou stolu. Příklad takové situace je na obr. 31. Charakter práce rovněž neumožňuje oporu předloktí o pracovní stůl.



Obr. 31 Navrstvené traye s materiálem [vlastní]

Zvláštním případem je pracoviště automatického lisování stínění do tělesa. Jedná se o pracoviště, které nesestává ze stolu, ale pouze z automatického lisovacího stroje, jehož rám má pevně danou výšku 90 cm. Ostatní pracoviště mají stoly výškově regulovatelné pomocí retifikačních nožek. Hrana stroje je potom ve výšce 35 cm nad sedákem a spodní přípravek 42 cm. Vstupní materiál se zase nachází pod úrovní hrany automatického lisu, a to i více než 30 cm, jak lze vidět na obr. 32.



Obr. 32 Krabice s tělesy, částečně pod úrovní sedáku [vlastní]

8.3. RULA analýza

Poslední metodou pro vhodnou identifikaci ergonomicky rizikového místa jsem pro charakter práce zvolil analýzu RULA. Tuto analýzu jsem vypracoval zvlášť pro jednotlivá pracoviště, přičemž jsem na každém z pracovišť porovnával několik pracovníků, abych dosáhl objektivnějšího hodnocení, vzhledem k individuálním pracovním návykům jednotlivých pracovníků. Přehled výsledného skóre pro pravou a levou polovinu těla je uveden v tabulce 16, přičemž vyplněné formuláře pro jednotlivá pracoviště jsou v příloze 3.

8.3.1. Vyhodnocení RULA analýzy

Pracoviště s montáží hranatého a kulatého stínění a jejich montáží do tělesa jsou z hlediska RULA analýzy nejméně riziková, skóre nepřekračuje hranice druhé třídy, vyznačující se nízkým ergonomickým rizikem. Úprava pracoviště, případně celého procesu by tedy byla vhodná, avšak není nijak nutná. Významný vliv na toto skóre má především vysoká repetitivita, resp. frekvence pohybů.

Horšího skóre dosáhlo pracoviště montáže těsnění a retaineru. Pravá část těla je již hodnocena skórem 5, které značí střední úroveň rizika s nutností implementace opatření. Obě paže se během pracovního cyklu dostanou do polohy, kdy přesahují vertikální osu těla, jak je zobrazeno na obr. 33; což způsobuje nárůst skóre ve srovnání s předchozími pracovišti na vypočtené hodnoty.

Nejhoršího výsledku dosáhla poslední dvě pracoviště, kterými jsou pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru a pracoviště potisku a balení. Obě dosáhla hodnocení 6 jak pro pravou, tak pro levou část těla; pracoviště představují střední úroveň rizika a je nutná implementace nápravného opatření za účelem snížení rizika na přijatelnou úroveň.



Obr. 33 Nepřirozená poloha paží
[vlastní]

Problémem pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru shledávám vzhledem k nevhodným dosahovým vzdálenostem ohnutí trupu o 0 – 20° a také rotaci trupu – operace lisování adaptéru a pojistky probíhá v poloze těla v rotaci. Horní končetiny se vyskytují ve výšce, kdy je loket na úrovni ramene a pro dosažení na komponenty dochází k jejich abdukci a naklonění trupu.

Špatné dosažené skóre pracoviště EOL, potisku a balení nachází své opodstatnění v nevhodné poloze krku a trupu, která byla vyzorovaná, jak je naznačeno na obr. 34. S tím, že pracovník kontroluje špatně čitelný potisk přibližně 3x za minutu, ohýbá hlavu, případně i trup, pro lepší viditelnost vzhledem ke světelným podmínkám. Stejně tak dochází k ohnutí a rotaci trupu při zakládání kusu do krabice. Plné krabice s kusy se skládají na paletu umístěnou na podlaze, ve vrstvách po osmi krabicích. Pro takovéto uložení krabice a pro její slepení a zalepení pracuje operátor v předklonu s krabicí na zemi, případně paletě, protože nemá k dispozici vhodný manipulační stůl.



Obr. 34 Poloha krku a trupu [vlastní]

RULA skóre	Pravá část těla	Levá část těla
Montáž hranatého stínění	4	3
Montáž kulatého stínění	4	4
Montáž stínění do tělesa	4	4
Montáž těsnění a retaineru	5	4
Montáž adaptéru, pojistky, leveru	6	6
EOL, potisk, balení	6	6

Tab. 16 Výsledek RULA analýzy
[vlastní]

8.4. Celkové zhodnocení výrobních linek

Zvolené metody posouzení ergonomických rizik vedly k definování pracovišť s nejvyšším stupněm rizika v rámci výrobní linky. Návrhem na odstranění těchto rizik se zabývá následující kapitola. Pracoviště, jejichž hodnocení dopadlo lépe budou zmíněny také, implementace vylepšení není nutná a možná opatření jsou zmíněna pouze teoreticky, bez detailnější analýzy.

9. NÁVRH ERGONOMICKÝCH OPATŘENÍ

K identifikaci pracovišť s největším ergonomickým rizikem jsem došel několika posuzovacími metodami. Právě jejich kombinací je možné objektivní zhodnocení bez toho, aniž by byla některá kritéria opomenuta.

Špatného hodnocení dosáhla pracoviště:

- Montáž těsnění a retaineru
- Montáž adaptéru, pojistky, leveru
- EOL, potisk, balení.

Ve srovnání s výše zmíněnými pracoviště nebylo riziko tak vysoké u pracovišť:

- Montáž hranatého stínění
- Montáž kulatého stínění
- Montáž stínění do tělesa.

Část diplomové práce s návrhem na snížení ergonomického rizika bude zahrnovat i tato pracoviště, kde návrh bude pouze teoretický.

9.1. Návrh opatření pro jednotlivá pracoviště

9.1.1. Návrh opatření pro pracoviště montáže hranatého stínění

Současná rizika pracoviště spočívají především následujících bodech:

- nevhodný dosah madla lisu
- vysoká repetitivita pohybu (244 / hod)
- spodní (horizontální) páka lisu příliš blízko hrany stolu
- vrstvení vstupního materiálu ve více vrstvách trayů na sobě a s tím související nevhodná výška pracovní roviny nad sedákem.

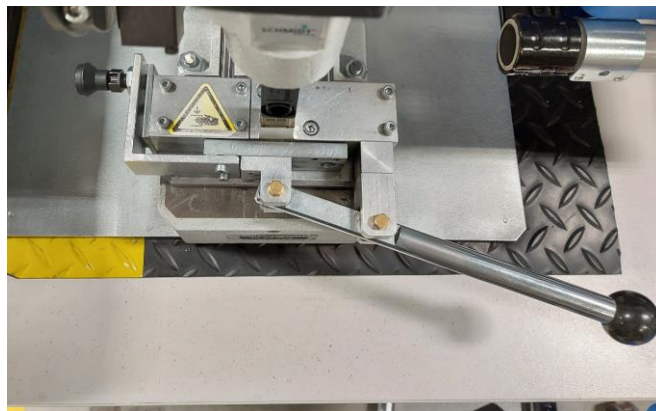
Vzdálenost madla páky lisu je 53 cm od hrany stolu, pracovník pro nevhodnost této vzdálenosti uchopuje páku mimo madlo, jak je znázorněno na obr. 35. Umístění madla, resp. zkrácení páky o přibližně 10 cm by umožnilo pohodlnější úchop za madlo s minimálním

přírůstkem potřebné síly pro lisování. Vysoká repetitivita pohybů a monotónnost práce by šla snížit paralelně s pozitivním ovlivněním výšky pracovní roviny. S tím, jak jsou traye s komponenty (stíněním) umístěny v až šesti vrstvách, má operátor různou jak horizontální, tak vertikální dosahovou vzdálenost. Cyklus čas této operace by umožnil zavedení pokynu, aby si operátor vychystal na pracovní stůl pouze 2 traye s materiálem. Tím pádem by měl častěji nutnost změnit pracovní polohu (vstát) pro doplnění materiálu a snížení monotónnosti práce, navíc by měl vhodnou příležitost k protažení. Druhý vstupní komponent, plastová izolace, je i s obalovým sáčkem, skladovaná na lince v plastové krabici umístěné přibližně 15 cm nad pracovním stolem. Ač má sklon, aby byly komponenty v co nejlepší dosahové vzdálenosti, snížení její výšky by prospělo.

Posledním nedostatkem, který zde definuji, je horizontální páka spodního přípravku lisu, sloužící k aretaci stínění. Limitní polohy páky jsou na obr. 36. Pro odebrání tohoto pohybu, resp. této páky, bych doporučil použití automatické aretace po stisknutí dotykového tlačítka umístěného na straně spodního přípravku lisu. K automatickému uvolnění zaaretovaného kusu by došlo ve chvíli, kdy by byl horní beran lisu ve spodní finální pozici.



Obr. 35 Používaný úchop páky lisu mimo madlo [vlastní]



Obr. 36 Limitní poloha páky spodního aretačního přípravku [vlastní]

9.1.2. Návrh opatření pro pracoviště montáže kulatého stínění

Problémy pracoviště montáže kulatého těsnění jsou v podstatě totožné jako problémy pracoviště montáže těsnění hranatého. Lis se liší pouze spodním přípravkem, kdy není nutná aretace plechového stínění v přípravku lisu a umístěním a vhodnější pozicí plastové izolace, kdy krabice s komponenty leží na pracovním stole a není potřeba se pro ně natahovat.

Méně vhodně je umístěn tray určen pro ukládání hotových sestav stínění - plastová izolace. Jeho poloha je napravo od krabice s komponenty (lze vidět na obr. 23), takže problémem není

pouze jeho vzdálenost, ale také fyzická překážka v podobě zmiňované krabičky. Pozice je však logická, je totiž nutné, aby byl tray v dosahové vzdálenosti operátora vedlejšího pracoviště, kde vstupuje podsestava stínění – plastová izolace jako komponent.

Nápravná opatření co do vzdálenosti madla páky lisu či repetitivity pohybu se neliší od opatření pro montáž hranatého stínění.

9.1.3. Návrh opatření pro pracoviště montáže stínění do tělesa

V rámci pracoviště montáže stínění do tělesa byly identifikovány tyto nedostatky:

- nevhodné umístění sdělovače o dokončení operace
- oslňující světlo uvnitř automatického lisu
- nutnost rotace trupu pro manipulaci s komponenty.

Práce na tomto pracovišti se vyznačuje menší monotónností, než jakou disponují pracoviště montáže stínění, norma je zde poloviční. Komponenty musí být založeny do přípravků automatického lisu ve správné orientaci, kterou hlídá uvnitř zařízení kamera. Pro rozlišitelnost správnosti je přípravek osvětlován led světlem, jež svítí během procesu intenzivně a do jisté míry oslňuje operátora (obr. 37). Oslňování lze zabránit buď snížením intenzity světla, což však z hlediska technologického procesu není nejvhodnější, nebo přidáním bariéry či stínítka.

Lisovací proces se zahájí obouručím stisknutím dvou prstových spínačů – vzhledem k automatickému lisovacímu procesu se jedná především o bezpečnostní prvek. Stejně tak je na lisu aplikovaná světelná brána, jejímž přerušením se operace zastaví.

Sdělovač, který se rozsvítí zeleně po úspěšném dokončení lisovací operace, je umístěn vpravo nahoře až na okraji zorného pole. Výhodnějším místem pro světelnou signalizaci by mohl být např. prostor uvnitř lisu nebo níž na jeho konstrukci.

K rotaci trupu dochází při vytahování komponent – těles z některých pozic v krabici a při ukládání hotových kusů do KLT na vozíku na pravé straně. Tělesa vstupují do procesu v krabicích, kde jsou uložena v jednotlivých vrstvách oddělených pěnovými proklady. Možnost např. pásového dopravníku, který by tato tělesa dopravoval ze zásobníku, kde by byla nasypána, není pro křehkost realizovatelná.

Ač má tato operace nejdelší cyklus čas a je bottleneckem celé linky, hromadí se celkem velká rozpracovaná výroba v řádech desítek kusů před dalším pracovištěm. To má vliv na další rotaci trupu při umísťování hotových kusů do KLT na vozíku. V přirozené poloze se operátor nachází pouze v případě ukládání kusů do prvních dvou, tří řad, které jsou v jeho dosahové



Obr. 37 Osvětlení kusu pro kamerovou kontrolu
[vlastní]

vzdálenosti. Pro ukládání do dalších již dochází k rotaci trupu a pozici pravé horní končetiny s loktem za zády.

9.1.4. Návrh opatření pro pracoviště montáže těsnění a retaineru

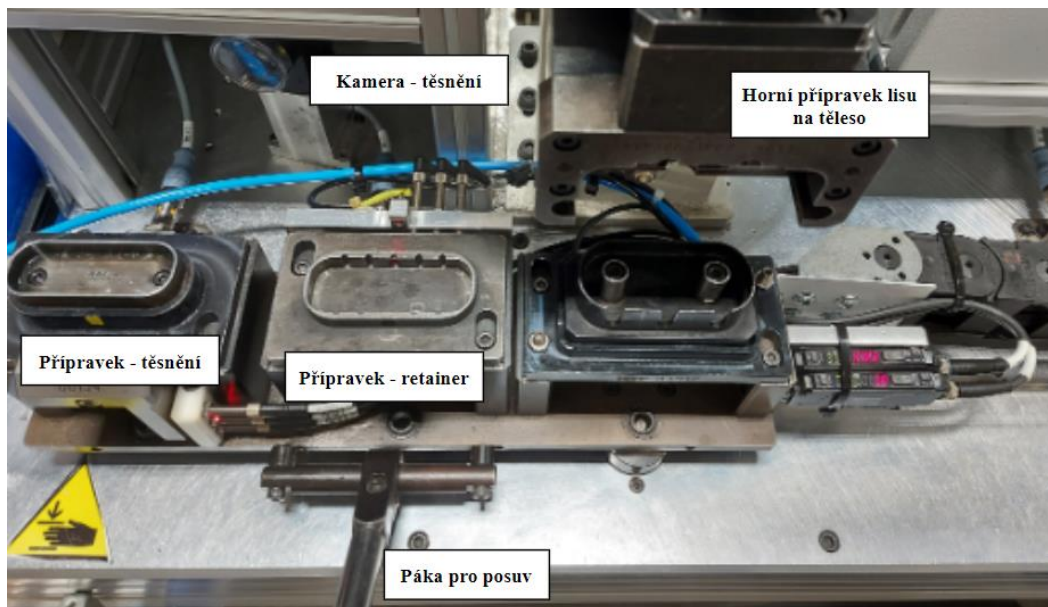
Pracoviště pro montáž těsnění a retaineru je náročnější z hlediska celkového počtu pohybů vykonaných pracovníkem. Jejich snížení je předmětem úpravy pracoviště spolu s následujícími body:

- komponenty leží daleko a vysoko nad pracovní rovinou, pro manipulaci s nimi dochází k natažení paže (loket není propnutý) a také ke křížení ruky s osou těla
- těsnění je lehce lubrikováno kvůli technologii procesu, lubrikant se přenáší na celé pracoviště
- sdělovač OK zalisovaného kusu je na hranici zorného pole, pro jeho odečtení pracovník otáčí hlavu
- lisovací madlo je mimo pohodlný dosah
- spodní páka sloužící k posunu spodního přípravku, tzv. vláčku, přesahuje hranu stolu
- spodní přípravek lisu, resp. manipulační rovina jsou umístěny vysoko (cca 41 cm) nad sedadlem.

Ergonomicky nevhodně jsou umístěny komponenty vstupující do procesu. Těsnění je po levé ruce v rozumném dosahu, retainery jsou však umístěny relativně vysoko, navíc v krabici, která nemá žádný sklon, takže pro uchopení některých kusů je nutné propnutí paže v loktu. Vzhledem k tomu, že se jedná o sypaný komponent, který není skladován v trayích, implementace posuvného dopravníku s vibračním zásobníkem by do jisté míry vyřešilo problém s jejich nevhodným umístěním. Jako podobně efektivní, však mnohem méně náročné řešení by bylo snížení polohy krabice s komponenty a její sklon.

V případě, kdy by těsnění nemělo přesně definovanou orientaci na základě výlisků v tělese, byla by vhodná implementace automatického gripperu, jenž by těsnění na přípravek navlékl. Tím by se zabránilo i roznášení lubrikantu po pracovišti.

Madlo páky lisu je nevhodně daleko, a především vysoko umístěno. Vzhledem k přítomnosti lubrikantu by bylo vhodnější madlo vroubkované, pro jistější úchop, umístěné níže pro lepší dosah. Operátor se pro něj natahuje, na základě hodinové normy, 366krát za hodinu, přičemž mezi každým lisováním musí ručně pohnout spodním přípravkem v horizontálním směru. Madlo, jímž při tom pohybuje, přesahuje hranu stolu a je tak nepohodlně blízko. Vhodným řešením by byla automatizace pohybu spodního přípravku. Přípravek popisuje obr. 38.



Obr. 38 Spodní pohyblivý přípravek lisu, tzv. vláček [vlastní]

Jakmile by kamera načetla správnou pozici založených komponent, přípravek by se automaticky posunul do výchozí polohy pro montáž těsnění. Vzhledem k nutnosti používat obě ruce při lisování, riziko poranění při automatickém posuvu by bylo sníženo na minimum. Případně by se tento první posun do výchozí polohy spustil stisknutím oboustranných tlačítek. Po každé ze tří lisovacích operací, by se podle polohy lisu, posunul přípravek do další polohy a proběhlo další zalisování. Touto automatizací bychom snížili počet pohybů pracovníka.

Poslední lisovací operace vyžaduje statické podržení páky lisu ve spodní poloze po dobu několika sekund, kdy dochází k automatické kontrole správnosti zalisování. Sdělovač, jenž se v případě OK procesu rozsvítí zeleně, je umístěn vpravo nahoře. Vhodnějším umístěním, pro redukci otáčení hlavy, by bylo umístění světelného sdělovače přímo na spodním přípravku lisu.

9.1.5. Návrh opatření pro pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru

Hlavní problémy pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru jsou:

- vstupní komponenty adaptér a pojistka se nachází mimo dosahovou vzdálenost, pracovník se musí předklonit a propnout ruce v loktu pro jejich uchopení
 - úchop je špetkový
- montáž podsestavy adaptér – pojistka je zrakově náročný a komponenty jsou drženy ve špetce
- lis pro montáž podsestavy adaptér – pojistka na těleso je v nevhodné pozici, pro lisování se operátor musí předklonit a otočit trup
- hotové kusy se umísťují do KLT boxu na vozíku, velká rozpracovaná výroba před testerem znamená nutnost otáčení trupu pro ukládání kusů na volná místa boxu

Nejvhodnějším přístupem, jak snížit ergonomická rizika na tomto pracovišti, je částečná automatizace procesu. Vzhledem k tomu, že vstupní komponenty adaptér a pojistka jsou umístěny nevhodně daleko, jejich úchop je špetkový a montáž zrakově náročnější, automatizace

spojení adaptéru a pojistky by vyřešila výše zmíněné nedostatky. Pro případné rozměry automatu by toto pracoviště mohlo být umístěno jinde, nezávisle na posuzované lince a komponent vstupující do výroby HVP 800 plug by byla přímo podsestava adaptér – pojistka.

Automatizace by spočívala ve využití SCARA robotu, jenž by komponenty vybíral buď z flexibowlu s dvěma dosýpacími jednotkami, nebo z pásových dopravníků vedoucích z vibračních zásobníků.

Rozměry pracoviště, omezené především pohyblivými, ale v praxi stabilními, vozíky neumožňuje posunutí operátora na kolečkové židli tak, aby pohodlně dosáhl a ovládal ruční lis na montáž adaptéru s pojistkou na těleso. Tento problém by bylo možné odstranit širším stolem s dostatkem manipulačního prostoru. Možné odstranění vozíku s KLT boxem s kusy vstupující do poslední výrobní operace by bylo možné rovněž odstranit úpravou posledního pracoviště, viz. následující podkapitola.

Horizontální páka lisu pro montáž adaptéru s pojistkou na těleso přesahuje hranu stolu, nicméně není při operaci v poloze před pracovníkem, ale vedle něj, díky čemuž nepředstavuje ergonomické riziko.

9.1.6. Návrh opatření pro EOL, potisk, balení

Celou řadou následujících nedostatků disponuje poslední pracoviště testování s potiskem a balením hotových kusů. Ty jsou:

- pro zakládání kusů do krabice, resp. do její první vrstvy je nutné otáčení trupu a natahování se přes konstrukci Q-klapky
- vygravírovaný potisk (obr. 28) musí být u každého kusu kontrolován a je špatně viditelný. Lupa s osvětlením se vyskytuje na pracovišti sporadicky a pro její využití se musí operátor buď předklonit, nebo vstát
- Q-klapka je vyrobena z plexiskla s minimálně zaoblenými hranami
- sdělovač OK kusu je umístěn vpravo nahoře na kraji zorného pole
- pracoviště zcela opomíjí prostor pro dolní končetiny
- není dostupný vhodný pracovní stůl pro lepení prázdné / plné krabice.

Kompletní změna charakteru pracoviště podle následujícího by vedla k odstranění většiny ergonomických rizik.

V případě, že by byla realizovaná částečná automatizace předchozího pracoviště, konkrétně montáže adaptéru a pojistky, pracovní čas operátora by se snížil o několik sekund. Ty by byly využity k zakládání kusu místo do KLT boxu na pásový dopravník, ve správné orientaci.

Z dopravníku by kus odebíral gripper, který by kus založil do testovacího lůžka testeru. Po všech úspěšných testovacích operacích by byl na těleso vytisknut DMC kód (laserem), jehož čitelnost by ověřila kamerová kontrola. Gripper by otestovaný, potisknutý kus umístil na výstupní pásový dopravník, kde by operátor balení uložil kus po finální vizuální kontrole na příslušnou pozici do krabice.

Docílilo by se redukce kvalitativního rizika, že bude založen neotestovaný kus do balení (Q-klapka je efektivní opatření, ale nezaručuje 100 % jistotu). Ergonomická rizika související

s nedostatkem pracovního místa, zrakovou náročností práce a nefyziologickými polohami člověka by byly tímto odstraněny.

Nevýhodou této akce je nedostačující vytižení pracovníka na poslední operaci, který by měl na starost pouze balení a rychlou vizuální kontrolu. Možným argumentem pro implementaci této úpravy procesu by byla duplikace linky, kdy by operátor balení obsluhoval obě linky současně. I zde však je omezení, že v případě odlišné produkce na každé z linek, by hrozilo zamíchání výrobků.

V případě implementace méně ekonomicky náročných opatření je nejvhodnější úprava potisku ze špatně viditelného, vygravírovaného, na laserem vytištěný DMC kód. Po vytištění by následovala kamerová kontrola čitelnosti v rámci testeru.

Velkou odchylku v prostoru pro dolní končetiny odhalil ergonomický audit. Prostor pro dolní končetiny je využíván jako zásobník balicího materiálu, operátor nemá místo pro dolní končetiny, musí je mít buď v poloze široko od sebe, nebo pracovat v předklonu. Balicí materiál by bylo nejvhodnější umístit v regálu buď za zády pracovníka, nebo pod stolem napravo od testeru. Pro jeho vyjmutí je však nutné odsunutí Q-klapky.

Dalším nedostatkem je umístění sdělovače OK výsledku testovací operace, vhodné umístění by bylo v menší výšce.

9.2. Návrh na automatizaci procesu

Značného snížení nákladů na operátory a zvýšení výstupu by byla částečná automatizace linky. Tělesa by byla operátorem zakládána do nakládacích palet, které by byly distribuovány postupně na každé automatické pracoviště stroje. Stíněním, vstupujícím do procesu v blistrech uložených na sobě, by manipulovala robotická ruka s gripperem a zakládala je do správného lůžka paletky. Správný výsledek následující operace, lisování hranatého a kulatého stínění do tělesa, by kontrolovala kamera.

Nasazení těsnění a retaineru na přípravek lisování by byl rovněž automatizován. Těsnění by bylo dopravováno z vibračního zásobníku na trn speciálním manipulátorem s tím, že po jeho navlečení na přípravek by zasouvací jednotka přetáhla těsnění do správné orientace. Pro založení retaineru by se využilo též technologie, kombinace vibračního zásobníku s vibrační lištou a automatickým gripperem.

Pro automatizaci náročnějším krokem by byla předmontáž adaptéru a pojistky. K té by docházelo např. využitím SCARA robotu, který by vstupní komponenty vybíral z tzv. flexibowlu s dvěma dosýpacími jednotkami. Lever by byl podáván z násypky vynášecím pásovým dopravníkem do polohy, odkud by jej odebírala robotická ruka a ve správné orientaci zakládala do montážní pozice. Nasunutí na těleso by probíhalo podobně jako nyní přes rozpěrný přípravek.

V poslední operaci by kusy vyjímala robotická ruka pro finální kamerovou kontrolu úplnosti a laserový potisk DMC kódem, jehož čitelnost by byla v následujícím kroku ověřena čtečkou. V případě OK kusu by byly kusy umístěny na dopravník a ručně baleny do krabic s proklady a mřížkami. NOK kusy by byly rovnou odhozeny do boxu pro zmetky.

Automatizací by došlo ke snížení pracovníků na lince z 6 na 2, přičemž jeden by zakládal tělesa do palet vstupujících do automatického procesu, druhý by hotové kusy balil a

doplňoval komponenty do zásobníku stroje. Při odhadované mzdě 24.000 CZK měsíčně, by byla měsíční úspora na mzdách téměř 100.000 CZK. Do jaké míry by se zvýšila produkce linky nedokážu zatím posoudit, pro časovou náročnost jednotlivých operací.

Cenu výše zmíněné automatizace odhaduji z předešlých zkušeností na 10–20 milionů CZK, přičemž by se odvíjela od použitého vybavení, požadované variability pro různé typy konektorů a zhotoviteli.

U všech pracovišť je nedostatečně velká volná podlahová plocha. Rozšíření jednotlivých pracovišť je se současným smyslem linky, kdy produkt v dané fázi procesu vstupuje ihned do další fáze, pouze obtížně realizovatelné. Limit 2 m² je dosažitelný použitím širšího stolu v případě prvního pracoviště (montáž hranatého stínění) a rozšíření „hloubky“ posuzované linky ze 160 na 200 cm.

10. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala problematikou ergonomie ve strojném průmyslu. Ergonomie práce je mnohdy opomíjená problematika, která by měla být považovaná za prioritní složku každého pracovního procesu. Nejen že má dobrá ergonomie pozitivní vliv na zdravotní stav a spokojenost zaměstnance, rovněž zvyšuje jejich pracovní výkon a motivaci. Každý zaměstnavatel by měl dbát na co nejlepší pracovní podmínky, jež se v budoucnu reflektují např. snížením fluktuace zaměstnanců.

Teoretická část práce po základním uvedení do problematiky ergonomie, jejího shrnutí z hlediska historického vývoje a představení platné legislativy, podrobně rozebrala její jednotlivé fragmenty. Závěrem teoretické části je přehled metod hodnocení ergonomických rizik, včetně bližší charakteristiky některých z nich.

Cílem praktické části byla identifikace a zhodnocení ergonomického stavu výrobní linky s následným návrhem opatření ergonomická rizika snižujícího. Ergonomická analýza probíhala ve společnosti Tyco Electronics Czech se sídlem v Kuřimi, představením právě této společnosti a jejího portfolia začíná praktická část práce. Po identifikaci výrobní linky s jistými nedostatky byly navrženy vhodné metody pro posouzení ergonomického stavu jednotlivých pracovišť. První využitou metodou byla metoda posouzení Ergonomickými checklisty, kdy jsem zvolil z nabídky checklistů z publikace tři tak, aby korespondovaly s charakterem práce a odhalily potenciální rizika. Druhou metodou posouzení ergonomických rizik byl ergonomický audit, kde byly jednotlivé body zpracovány na základě doporučení a požadavků uvedených v Nařízení vlády 361/2007 Sb. Poslední metodou byla moderní metoda RULA, která vyhodnotila jednotlivá pracoviště skórem, vyjadřujícím vážnost ergonomických rizik a nutnost nápravných opatření.

Analýza výrobní linky HVP 800 plug ukázala místa s menšími i většími ergonomickými riziky, načež byly navrženy možné úpravy pro jejich snížení na přijatelnou úroveň. Závěr poskytuje také náhled na možný koncept automatizace výroby.

Společnost Tyco Electronics Czech by při svém významném postavení na trhu s konektory měla dbát péče o své zaměstnance, protože se při jejich nespokojenosti vystavuje riziku vysoké fluktuace zaměstnanců, poklesu produktivity a kvality odvedené práce. I tyto aspekty totiž následně ovlivňují výsledné hospodaření podniku.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 2001. ISBN 978-80-01-02301-3.
- [2] *sbornik-ces-2015.pdf* [online]. [vid. 2021-02-22]. Dostupné z: <https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/sbornik-ces-2015.pdf>
- [3] KIRAN, D. R. Chapter 16 - Ergonomics and work study. In: D. R. KIRAN, ed. *Work Organization and Methods Engineering for Productivity* [online]. B.m.: Butterworth-Heinemann, 2020 [vid. 2021-02-22], s. 219–232. ISBN 978-0-12-819956-5. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-819956-5.00016-9
- [4] MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: VÚBP, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [5] SLAMKOVÁ, E. a L. DULINA. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG, 2010. ISBN 978-80-89401-09-3.
- [6] KUČERA, Pavel. *Ergonomie práce* [online]. B.m., nedatováno [vid. 2021-04-05]. Vysoká škola ekonomická v Praze. Dostupné z: <http://www.vse.cz/vskp/id/1220028>
- [7] NEUMANN, W. Patrick, Sven WINKELHAUS, Eric H. GROSSE a Christoph H. GLOCK. Industry 4.0 and the human factor – A systems framework and analysis methodology for successful development. *International Journal of Production Economics* [online]. 2021, **233**, 107992. ISSN 0925-5273. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpe.2020.107992
- [8] KADIR, Bzhwen A., Ole BROBERG a Carolina Souza da CONCEIÇÃO. Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering* [online]. 2019, **137**, 106004. ISSN 0360-8352. Dostupné z: doi:10.1016/j.cie.2019.106004
- [9] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/104/ES ze dne 16. září 2009 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci (druhá samostatná směrnice ve smyslu čl. 16 odst. 1 směrnice 89/391/EHS) (Text s významem pro EHP)* [online]. 3. říjen 2009 [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/104/oj/eng>. volume: 260
- [10] *90/269/EHS - Směrnice Rady 90/269/EHS ze dne 29. ...* | *Esipa.cz* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31990L0269>
- [11] *89/654/EHS - Směrnice Rady 89/654/EHS ze dne 30. ...* | *Esipa.cz* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31989L0654>
- [12] *90/270/EHS - Směrnice Rady 90/270/EHS ze dne 29. ...* | *Esipa.cz* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31990L0270>
- [13] *EUR-Lex - 32006L0042 - EN - EUR-Lex* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/42/oj>

- [14] INFO@AION.CZ, AION CS-. 262/2006 Sb. Zákoník práce. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
- [15] INFO@AION.CZ, AION CS-. 309/2006 Sb. Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309>
- [16] INFO@AION.CZ, AION CS-. 258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [17] 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [18] INFO@AION.CZ, AION CS-. 101/2005 Sb. Nařízení vlády o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí. *Zákony pro lidi* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-101>
- [19] *Technické normy ČSN - 83 - OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, PRACOVNÍ A OSOBNÍ OCHRANA, BEZPEČNOST STROJNÍCH ZAŘÍZENÍ A ERGONOMIE - 8335 - Ergonomie* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: [http://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy/ochrana-zivotniho-prostredi-pracovni-a-osobni-ochrana-bezpecnost-strojnich-zarizeni-a-ergonomie-83/ergonomie-8335?do\[\]=setOffset&offset=0](http://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy/ochrana-zivotniho-prostredi-pracovni-a-osobni-ochrana-bezpecnost-strojnich-zarizeni-a-ergonomie-83/ergonomie-8335?do[]=setOffset&offset=0)
- [20] RUBÍNOVÁ, Dana. *Ergonomie*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 978-80-214-3313-7.
- [21] GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie : optimalizace lidské činnosti* [online]. B.m.: Grada, 2002 [vid. 2021-04-05]. ISBN 978-80-247-0226-1. Dostupné z: <https://is.muni.cz/publication/665699/cs/Ergonomie-optimalizace-lidske-cinnosti/Gilbertova-Matousek>
- [22] DOPRAVNÍHO, Ústav Automobilního A. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. nedatováno, 47.
- [23] KŘÍŽ, J. *NÁVRH PRACOVIŠTĚ OBSLUHY OBRÁBĚCÍHO CENTRA*. 2013. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, nedatováno.
- [24] *Ergonomie-cs-CZ-SK.pdf* [online]. [vid. 2021-04-07]. Dostupné z: https://www.hoffmann-group.com/medias/sys_master/images/images/h29/he9/9427678953502/Ergonomie-cs-CZ-SK.pdf?attachment=true
- [25] HEJZLAROVÁ, Tereza. A Musculoskeletal Ergonomics Specialist: A New Work Position [online]. nedatováno [vid. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/reader/30285600>
- [26] WOLKOFF, Peder, Kenichi AZUMA a Paolo CARRER. Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity,

and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* [online]. 2021, **233**, 113709. ISSN 1438-4639. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijheh.2021.113709

[27] SEDLÁK, J. *PRACOVNÍ ÚNAVA*. Praha: Academia, 1981. ISBN 509-21-826.

[28] DASHÖFER, Verlag. *Měření a hodnocení fyzické zátěže při práci | BOZPprofi* [online]. [vid. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.bozpprofi.cz/33/mereni-a-hodnoceni-fyzicke-zateze-pri-praci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EmKIJeLtbKh6zrGfgcEktHEMO6VlftQMFg/>

[29] *Bakalarska_praca.pdf* [online]. [vid. 2021-04-05]. Dostupné z: https://is.ambis.cz/th/k34zk/Bakalarska_praca.pdf

[30] HLÁVKOVÁ, MUDr Jana a Mgr Alena VALE. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik. nedatováno, 91.

[31] *Moderní metody v hodnocení ergonomických rizik | BOZPinfo.cz* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/moderni-metody-v-hodnoceni-ergonomickych-rizik>

[32] MALÝ, Stanislav. *ABC Ergonomie*. 1. Praha: Professional Publishing, nedatováno. ISBN 978-80-7431-027-0.

[33] A Step-by-Step Guide to the RULA Assessment Tool. *ErgoPlus* [online]. 6. listopad 2012 [vid. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>

[34] A Step-by-Step Guide to the REBA Assessment Tool. *ErgoPlus* [online]. 17. říjen 2012 [vid. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/reba-assessment-tool-guide/>

[35] KUMARA, P. P. *OWAS* [online]. 24. listopad 2011. Dostupné z: www.pdn.ac.lk/eng/.../OWAS%20method.pdf

[36] BUREŠ, M. Řízení a organizace práce - podklady k přednáškám. In: . B.m.

[37] *Možnosti ergonomických analýz pracovních poloh s využitím reálného pohybu člověka v digitálním prostředí | BOZPinfo.cz* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/moznosti-ergonomickych-analyz-pracovnich-poloh-s-vyuzitim-realneho-pohybu-cloveka-v-digitalnim>

[38] *Delmia V5 Human* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/ergonomie/human>

[39] *Tecnomatix Jack* [online]. [vid. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/ergonomie/jack>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Význam
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization
Ev	Energie vydaná
Es	Energie spotřebovaná
Ebm	Energie bazálního metabolismu
Ep	Energie vydaná na práci
En	Energie vydaná na nepracovní činnosti
OOP	Osobní ochranné prostředky
BMI	Body mass index
OCRA	Occupational repetitive action
RULA	Rapid upper limb assesment
REBA	Rapid entire body assesment
OWAS	Ovako working posture analysis system
HVP	High voltage power
HEMS	Hybrid and elektromobility solutions
KLT	Small load carrier
OOPP	Osobní ochranné pracovní pomůcky
EOL	End of line
DMC	Datamatrix code

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Základní schéma systému člověk – stroj - prostředí [1]	16
Obr. 2	Schéma ergonomického systému [1]	17
Obr. 3	Doporučované výšky pracovní roviny pro práci ve stoje [4]	22
Obr. 4.a	Dosah horních končetin na pracovním stole vsedě [4]	23
Obr. 4.b	Dosah horních končetin při práci vstoje [4]	23
Obr. 5	Schéma faktorů pracovního prostředí [20]	32
Obr. 6	Kruithoffův diagram [20]	33
Obr. 7	Závislost mezi teplotou a vlhkostí vzduchu [20]	36
Obr. 8	Křivka výkonu v 8-hodinové směně [1]	41
Obr. 9	RULA checklist [33]	45
Obr. 10	REBA checklist [34]	46
Obr. 11	Kategorizace pozice rukou pro metodu OWAS [36]	47
Obr. 12	Logo společnosti TE Connectivity [vlastní]	49
Obr. 13	Budova TYCO Electronics Kuřim [vlastní]	49
Obr. 14	Produktové portfolio střediska HEMS [vlastní]	50
Obr. 15	Organizační struktura střediska [vlastní]	51
Obr. 16	Poměr operátorů dle pohlaví [vlastní]	51
Obr. 17	HVP 800 plug typ 1154 [vlastní]	54
Obr. 18	Umístění HVP 800 plug [vlastní]	54
Obr. 19	Rozpad konektoru 1154 na jednotlivé komponenty [vlastní]	55
Obr. 20	Tok výrobního procesu [vlastní]	55
Obr. 21	Cyklus časy jednotlivých operací [vlastní]	56
Obr. 22	Pracoviště montáže hranatého stínění [vlastní]	58
Obr. 23	Pracoviště montáže kulatého stínění [vlastní]	59
Obr. 24	Pracoviště montáže stínění do tělesa [vlastní]	59
Obr. 25	Pracoviště montáže těsnění a retainer [vlastní]	60
Obr. 26	Pracoviště montáže adaptéru, pojistky a leveru [vlastní]	61
Obr. 27	Pracoviště potisk + balení [vlastní]	62
Obr. 28	Vygravírovaný potisk kusu [vlastní]	62
Obr. 29	Q-klapka [vlastní]	63
Obr. 30	Prostorové parametry jednotlivých pracovišť [vlastní]	64
Obr. 31	Navrstvené traye s materiálem [vlastní]	65
Obr. 32	Krabice s tělesy, částečně pod úrovní sedáku [vlastní]	65
Obr. 33	Nepřirozená poloha paží [vlastní]	66
Obr. 34	Poloha krku a trupu [vlastní]	66
Obr. 35	Používaný úchop páky lisu mimo madlo [vlastní]	68
Obr. 36	Limitní polohy páky spodního aretačního přípravku [vlastní]	68
Obr. 37	Osvětlení kusu pro kamerovou kontrolu [vlastní]	69
Obr. 38	Spodní pohyblivý přípravek lisu, tzv. Vláček [vlastní]	70

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Porovnání výhod sedu a stoje [1]	21
Tab. 2	Manipulační pohybový prostor [1]	23
Tab. 3	Pedipulační prostor [1]	24
Tab. 4	Základní údaje o běžných ovladačích [1]	26
Tab. 5	Přehled sdělovačů [1]	29
Tab. 6	Chybovost odečítání jednotlivých stupnic [1]	30
Tab. 7	Vhodné kombinace barev [1]	31
Tab. 8	Pásma hluku [1]	34
Tab. 9	Zdroje fyzické zátěže [1]	38
Tab. 10	Fyzická namáhavost práce [1]	38
Tab. 11	Zdroje psychické zátěže [1]	40
Tab. 12	Úroveň rizika pro akci při vyhodnocování RULA metody [33]	45
Tab. 13	Úroveň rizika pro akci při vyhodnocování REBA metody [34]	46
Tab. 14	Rozvrh prvních pracovních přestávek [vlastní]	51
Tab. 15	Vyhodnocení ergonomického auditu [vlastní]	63
Tab. 16	Výsledek RULA analýzy [vlastní]	66